



Escuela  
Universitaria  
Ingeniería  
Técnica  
Industrial  
ZARAGOZA

---

# MEMORIA

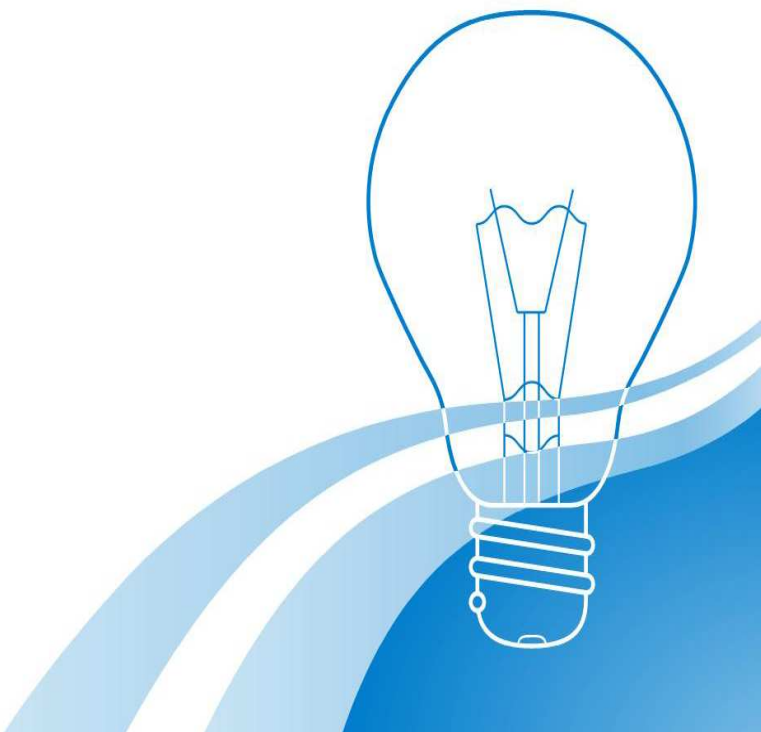
**PROYECTO FINAL DE CARRERA**  
Subestación eléctrica 132/15 kV

**AUTOR**  
Luis Ignacio Usón de Mingo

**DIRECTOR**  
Ángel Santillán Lázaro

**ESPECIALIDAD**  
Electricidad

**CONVOCATORIA**  
Septiembre 2010





## **INDICE**

<b>1. ANTECEDENTES Y FINALIDAD DE LA INSTALACION.</b>	<b>5 -</b>
<b>2. OBJETO DEL PROYECTO.</b>	<b>5 -</b>
<b>3. REGLAMENTACION Y DISPOSICIONES OFICIALES Y PARTICULARES.</b>	<b>6 -</b>
<b>4. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN.</b>	<b>7 -</b>
<b>5. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN ELECTRICA</b>	<b>8 -</b>
<b>6. TRANSFORMADORES.</b>	<b>9 -</b>
<b>7. APARAMENTA</b>	<b>11 -</b>
<b>7.1. CARACTERISTICAS GENERALES.</b>	<b>12 -</b>
<b>7.2. APARAMENTA DE MANIOBRA Y CORTE</b>	<b>14 -</b>
7.2.1. SECCIONADORES	14 -
7.2.2. DISYUNTORES	16 -
<b>7.3. APARAMENTA DE PROTECCION Y MEDIDA</b>	<b>19 -</b>
7.3.1. AUTOVALVULAS.	19 -
7.3.2. HILO DE GUARDA	20 -
7.3.3. TRANSFORMADORES DE MEDIDA Y PROTECCION	21 -
7.3.3.1 TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD	22 -
7.3.3.3. TRANSFORMADOR DE TENSION	23 -
7.3.4. RELES DE PROTECCION.	24 -
7.3.5. APARATOS DE MEDIDA	26 -
<b>8. CELDAS DE MEDIA TENSION.</b>	<b>27 -</b>
<b>9. CONDUCTORES.</b>	<b>30 -</b>
<b>10. AISLADORES.</b>	<b>33 -</b>
<b>11. SERVICIOS AUXILIARES</b>	<b>36 -</b>
<b>12. BATERIA DE CONDENSADORES</b>	<b>36 -</b>
<b>13. RED DE TIERRAS.</b>	<b>40 -</b>
<b>14. DISTANCIAS DE SEGURIDAD.</b>	<b>42 -</b>
14.1. DISTANCIA DE LOS CONDUCTORES AL TERRENO	42 -
14.2. DISTANCIA DE LOS CONDUCTORES ENTRE SI Y ENTRE ESTOS Y LOS APOYOS.	42 -
<b>15. OBRA CIVIL.</b>	<b>44 -</b>
15.1. PARQUE INTEMPERIE	44 -
15.2. EDIFICIO DE CONTROL	44 -
<b>16. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS</b>	<b>45 -</b>
<b>16.1. CALCULOS DE LA RED DE TIERRA Y TIERRA DE NEUTRO</b>	<b>45 -</b>
16.1.1. Resistencia de tierra	45 -
16.1.2. Resistencia de neutro	46 -
16.1.3. Tensiones de paso y contacto	46 -
<b>16.2. CALCULO DE LOS HILOS DE GUARA.</b>	<b>48 -</b>
<b>16.3. AUTOVALVULAS</b>	<b>49 -</b>



<b>16.4. INTENSIDAD DE LAS LINEAS.....</b>	<b>- 51 -</b>
<b>16.5. SECCIONES DE CABLE.....</b>	<b>- 51 -</b>
<b>16.6. BATERIA DE CONDENSADORES .....</b>	<b>- 53 -</b>
<b>16.7. BATERIA DE CORRIENTE CONTINUA .....</b>	<b>- 54 -</b>
<b>16.8. ELECCION DE LA CADENA DE AISLADORES .....</b>	<b>- 55 -</b>
<b>16.9. NIVEL DE AISLAMIENTO.....</b>	<b>- 56 -</b>
<b>16.10. SOPORTE MECANICO .....</b>	<b>- 57 -</b>
<b>16.11. DISTANCIAS DE SEGURIDAD.....</b>	<b>- 57 -</b>
<b>16.12. INTENSIDADES Y POTENCIA DE CORTOCIRCUITO.....</b>	<b>- 59 -</b>
<b>16.13. SERVICIOS AUXILIARES .....</b>	<b>- 62 -</b>
16.13.1. Fórmulas .....	- 62 -
16.13.1.1. Fórmula Conductividad Eléctrica .....	- 62 -
16.13.2. Demanda de potencias .....	- 63 -
16.13.3. Cálculo de la Derivación Individual .....	- 63 -
16.13.4. Cálculo de la Línea: Motor Ventilacion .....	- 63 -
16.13.5. Cálculo de la Línea: Agrupacion .....	- 64 -
16.13.6. Cálculo de la Línea: Alumbrado interior .....	- 64 -
16.13.7. Cálculo de la Línea: Alumbrado exterior .....	- 65 -
16.13.8. Cálculo de la Línea: Tomas de corriente .....	- 65 -
16.13.9. Cálculo de la Línea: Bateria cc.....	- 66 -
16.13.10. Resultados.....	- 68 -
<b>17. CONCLUSIÓN.....</b>	<b>- 69 -</b>
<b>ANEXO DE SEGURIDAD.....</b>	<b>- 70 -</b>
<b>1. PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES. ....</b>	<b>- 70 -</b>
1.1. INTRODUCCION.....	- 70 -
1.2. DERECHOS Y OBLIGACIONES.....	- 70 -
1.2.1. Derecho a la protección frente a riesgos laborales.....	- 70 -
1.2.2. Principios de la acción preventiva. ....	- 71 -
1.2.3. Evaluación de los riesgos. ....	- 71 -
1.2.4. Equipos de trabajo y medios de protección. ....	- 72 -
1.2.5. Información, consulta y participación de los trabajadores.....	- 73 -
1.2.6. Formación de los trabajadores.....	- 73 -
1.2.7. Medidas de emergencia. ....	- 73 -
1.2.8. Riesgo grave e inminente. ....	- 73 -
1.2.9. Vigilancia de la salud. ....	- 73 -
1.2.10. Documentación.....	- 74 -
1.2.11. Coordinación de actividades empresariales.....	- 74 -
1.2.12. Protección de trabajadores especialmente sensibles a determinados riesgos.....	- 74 -
1.2.13. Protección contra la maternidad. ....	- 74 -
1.2.14. Protección de los menores. ....	- 74 -
1.2.15. Relaciones de trabajo temporales, de duración determinada y en empresas de trabajo temporal.....	- 75 -
1.2.16. Obligaciones de los trabajadores en materia de prevención de riesgos. ....	- 75 -
1.3. SERVICIOS DE PREVENCIÓN.....	- 75 -
1.3.1. Protección y prevención de riesgos profesionales. ....	- 75 -
1.3.2. Servicios de prevención.....	- 76 -
1.4. CONSULTA Y PARTICIPACIÓN DE LOS TRABAJADORES.....	- 76 -
1.4.1. Consulta de los trabajadores.....	- 76 -
1.4.2. Derechos de participación y representación. ....	- 76 -
1.4.3. Delegados de prevención.....	- 77 -
<b>2. DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LOS LUGARES DE TRABAJO.....</b>	<b>- 77 -</b>



2.1. INTRODUCCION.....	- 77 -
2.2. OBLIGACIONES DEL EMPRESARIO.....	- 77 -
2.2.1. Condiciones constructivas. ....	- 78 -
2.2.2. Orden, limpieza y mantenimiento. Señalización. ....	- 79 -
2.2.3. Condiciones ambientales .....	- 80 -
2.2.4. Iluminación. ....	- 80 -
2.2.5. Servicios higiénicos y locales de descanso. ....	- 81 -
<b>3. DISPOSICIONES MINIMAS EN MATERIA DE SEÑALIZACION DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.....</b>	<b>- 81 -</b>
3.1. INTRODUCCION.....	- 81 -
3.2. OBLIGACION GENERAL DEL EMPRESARIO.....	- 82 -
<b>4. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA UTILIZACION POR LOS TRABAJADORES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO..</b>	<b>- 83 -</b>
4.1. INTRODUCCION.....	- 83 -
4.2. OBLIGACION GENERAL DEL EMPRESARIO.....	- 83 -
4.2.1. Disposiciones mínimas generales aplicables a los equipos de trabajo.....	- 84 -
4.2.2. Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo móviles. ....	- 85 -
4.2.4. Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo para movimiento de tierras y maquinaria pesada en general. ....	- 86 -
4.2.5. Disposiciones mínimas adicionales aplicables a la maquinaria herramienta. ....	- 87 -
<b>5. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCION.....</b>	<b>- 88 -</b>
5.1. INTRODUCCION.....	- 88 -
5.2. ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD. ....	- 89 -
5.2.1. Riesgos mas frecuentes en las obras de construcción. ....	- 89 -
5.2.2. Medidas preventivas de carácter general. ....	- 90 -
5.2.3. Medidas preventivas de carácter particular para cada oficio. ....	- 92 -
5.3. DISPOSICIONES ESPECIFICAS DE SEGURIDAD Y SALUD DURANTE LA EJECUCION DE LAS OBRAS.....	- 100 -
<b>6. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD RELATIVAS A LA UTILIZACION POR LOS TRABAJADORES DE EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL. ....</b>	<b>- 101 -</b>
6.1. INTRODUCCION.....	- 101 -
6.2. OBLIGACIONES GENERALES DEL EMPRESARIO.....	- 101 -
6.2.1. Protectores de la cabeza.....	- 101 -
6.2.2. Protectores de las manos y brazos. ....	- 102 -
6.2.3. Protectores de pies y piernas.....	- 102 -
6.2.4. Protectores del cuerpo. ....	- 102 -



## **1. ANTECEDENTES Y FINALIDAD DE LA INSTALACION.**

Se redacta el presente proyecto de "SUBESTACION ELECTRICA 132/15 kV" por encargo de ERZ-ENDESA, con C.I.F.: 75892546, domicilio social en C/ San Miguel nº 5, de Zaragoza.

La finalidad del proyecto es plantear la instalación de un subestación eléctrica reductora en el termino municipal de Cuarte de Huerva, Zaragoza.

## **2. OBJETO DEL PROYECTO.**

El objeto del presente proyecto es el de exponer ante los Organismos Competentes que la instalación que nos ocupa reúne las condiciones y garantías mínimas exigidas por la reglamentación vigente, con el fin de obtener la Autorización Administrativa y la de Ejecución de la instalación, así como servir de base a la hora de proceder a la ejecución de dicho proyecto.

El proyecto consta del diseño de una subestación eléctrica 132/15 kV, con una potencia de distribución de 50 MVA, situada en la Calle de la Peña la Forca en el término municipal de Cuarte de Huerva (Zaragoza). Tiene por objeto el estudio eléctrico de la instalación de alta tensión, transformación y evacuación de la energía eléctrica para el correcto dimensionamiento de la instalación desarrollando los conocimientos obtenidos durante el estudio de Ingeniería Técnica Industrial en Electricidad.



### **3. REGLAMENTACION Y DISPOSICIONES OFICIALES Y PARTICULARES.**

El presente proyecto recoge las características de los materiales, los cálculos que justifican su empleo y la forma de ejecución de las obras a realizar, dando con ello cumplimiento a las siguientes disposiciones:

- Real Decreto 3275/1982 de 12 de Noviembre, sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, así como las Ordenes de 6 de julio de 1984, de 18 de octubre de 1984 y de 27 de noviembre de 1987, por las que se aprueban y actualizan las Instrucciones Técnicas Complementarias sobre dicho reglamento.
- Orden de 10 de Marzo de 2000, modificando ITC MIE RAT en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.
- 
- Real Decreto 3151/1968 de 28 de Noviembre, por el que se aprueba el Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión.
- Real Decreto 1955/2000 de 1 de Diciembre, por el que se regulan las Actividades de Transporte, Distribución, Comercialización, Suministro y Procedimientos de Autorización de Instalaciones de Energía Eléctrica.
- Normas particulares y de normalización de la Cia. Suministradora de Energía Eléctrica.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados y Ordenanzas Municipales.



## **4. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN**

Los centros de consumo de energía están alejados de los centros de generación de energía debido a la existencia de las subestaciones. La energía se obtiene en las centrales productoras, normalmente situadas lejos de los centros de consumo, que suelen ser las ciudades. Las centrales disponen de subestaciones elevadores para elevar la tensión y así reducir las pérdidas en el transporte de la energía. Esta energía va dirigida a los núcleos de población. Antes de llegar a dichos núcleos pasa por una subestación reductora (subestación que estamos estudiando en este proyecto). En esta subestación se disminuye la tensión y se distribuye hacia los centros de transformación, los cuales disminuirán la tensión para dejarla en los 230/400 V que todos tenemos en nuestros hogares.

La subestación estará situada en la localidad de Cuarte de Huerva, pueblo cercano a la ciudad de Zaragoza, y pretende abastecer a la red eléctrica de dicho municipio, así como a las industrias situadas en Valdeconsejo.

Se planea la instalación de la subestación en un terrero, en el municipio de Cuarte de Huerva, por el que transcurre cercana dos líneas de 132 kV y así alimentar a la subestación, para después transformar esta tensión en 15 kV y alimentar a dicho municipio, además de las industrias colindantes.

La instalación de la subestación es a la intemperie en el nivel de 132 kV y en interior para el nivel de 15 kV. En la caseta de control se dispondrán los relés, así como, el transformador de servicios auxiliares y las celdas con las 8 salidas de media tensión. La batería de condensadores destinada a corregir el factor de potencia se situara fuera de la caseta, a la intemperie dentro del recinto.

La superficie total construida de la subestacion es de 8.800 m<sup>2</sup>. La superficie de la caseta de control es de 136 m<sup>2</sup>. La superficie restante es el parque de transformación de intemperie.



## **5. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN ELECTRICA**

La alimentación de la subestación se hará por medio de dos líneas de 132 kV que discurren cercanas al emplazamiento de la subestación. La entrada de las líneas se hará mediante el enganche con un pórtico. Se dispondrá de una autoválvula a continuación para atajar las posibles descargas atmosféricas que pudieran ocasionarse. Seguido se colocan los transformadores de intensidad y tensión, que alimentan a los relés. Los relés tienen como función dar señal al disyuntor para abrir el circuito cuando notan alguna anomalía, tanto en tensión como en corriente.

Para el embarrado de 132 kV, se ha elegido un doble embarrado, para poder dar servicio por un embarrado u otro, si se produce un fallo en alguno de ellos.

La potencia de distribución será de 50 MVA, por lo tanto se instalarán dos transformadores de 132/15 kV de 25 MVA cada uno. Ambos transformadores irán enganchados por el lado de alta tensión al embarrado de 132 kV, previo paso de seccionadores, transformadores de tensión e intensidad y disyuntores. En la entrada y salida de ambos transformadores se dispondrán tres autoválvulas para proteger a los transformadores de las descargas atmosféricas. Después de la autoválvula a la salida en media tensión del transformador, hay una conversión aéreo-subterránea de la línea. Se utiliza otro tipo de conductor diferente, con aislamiento, y se introduce en unas zanjas que llevan a los conductores hasta la caseta de control donde se ubican las celdas de media tensión.

El embarrado de 15 kV será simple. En él irán conectados la salida de media tensión de los 2 transformadores, las 8 salidas de 15 kV de la subestación, la alimentación de los condensadores para corregir el factor de potencia y el transformador de servicios auxiliares. Tanto las celdas de salida como el transformador de servicios auxiliares, con su correspondiente cuadro de baja tensión estarán situados en la caseta de control.





## **6. TRANSFORMADORES**

El transformador es la máquina más característica de todas las subestaciones eléctricas. Es el elemento fundamental de todas ellas, puesto que las subestaciones están concebidas para aumentar o reducir la tensión de una línea, y el transformador es la máquina encargada de aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo su frecuencia. La potencia que ingresa al equipo, es igual a la que se obtiene a la salida restándole un pequeño porcentaje de pérdidas, dependiendo de su diseño, tamaño, etc.

El Transformador es un dispositivo eléctrico que consta de una bobina de cable situada junto a una o varias bobinas más, y que se utiliza para unir dos o más circuitos de corriente alterna (CA) aprovechando el efecto de inducción entre las bobinas. La bobina conectada a la fuente de energía se llama bobina primaria. Las demás bobinas reciben el nombre de bobinas secundarias. Un transformador cuyo voltaje secundario sea superior al primario se llama transformador elevador. Si el voltaje secundario es inferior al primario este dispositivo recibe el nombre de transformador reductor. El producto de intensidad de corriente por voltaje es constante en cada juego de bobinas, de forma que en un transformador elevador el aumento de voltaje de la bobina secundaria viene acompañado por la correspondiente disminución de corriente.

El motivo de aumentar y disminuir la tensión lo encontramos en la reducción de las pérdidas en el transporte de la energía. Para una misma potencia, cuanto mas tensión haya, en consecuencia, menos intensidad habrá. Puesto que los centros de generación de energía están separados de los centros de consumo, se eleva la tensión a la salida de los centros de generación para que la energía perdida en dicho transporte sea la menos posible y a la llegada a los centros de consumo se reduce la tensión en varios pasos para que llegue la energía a nuestra casa a 230 V. En el caso de esta subestación, se realiza una reducción de 132 kV a 15 kV, y esas 8 salidas irán a parar a otros centros de transformación más pequeños que reduzcan esos 15 kV a la tensión requerida por el usuario.

En la subestación utilizaremos dos transformadores reductores 132/15 kV de 25 MVA cada uno. Estarán ubicados a la intemperie y serán transformadores con aislamiento de aceite. Según la compañía suministradora, ERZ-ENDESA, el neutro de 132 kV debe ir rígidamente a tierra, mientras que el neutro de 15 kV debe estar aislado. Por lo tanto, el neutro de alta tensión de los transformadores irá conectado a la malla de tierra de la subestación.

Los transformadores serán con aislamiento de aceite, debido a su bajo costo, la elevada rigidez dieléctrica y la posibilidad de recuperación aun después de estar sometidos a sollicitaciones dieléctricas excesivas, que hacen del aceite mineral el material aislante más ampliamente usado en transformadores. El aceite se refuerza con aislamientos sólidos de varias maneras. El aislamiento principal, generalmente presenta barreras de aislamiento sólido alternando con espacios con aceite. El esfuerzo sobre el aceite es del 50 al 100% superior que el esfuerzo sobre el aislamiento sólido, debido a la constante dieléctrica relativamente baja del aceite. Por consiguiente, la sollicitación del aceite limita la rigidez de la estructura. Los pequeños conductos de aceite pueden



soportar solicitaciones más altas que los grandes conductos. Así barreras sólidas, convenientemente espaciadas, permiten una mejor utilización del espacio.

Además de los dos transformadores de potencia situados en la parte de la subestación a la intemperie, la subestación dispondrá de otro transformador para servicios auxiliares. Este transformador será de menor potencia, 50 KVA, y su relación de transformación será 15000/400 V. Estará situado dentro de la caseta de control en una celda para protegerlo y aislarlo. Dicho transformador alimentará a todos los servicios auxiliares de la subestación. En cuanto al neutro del transformador de servicios auxiliares, el de 15 kV irá aislado, mientras que el de baja tensión irá conectado a una hilera de 4 picas en paralelo.



## **7. APARAMENTA**

Se designa como aparamenta eléctrica de alta tensión a aquellos aparatos o dispositivos para maniobra, control, regulación, seguridad y canalización en instalaciones eléctricas, siendo considerados para alta tensión cuando trabajan con tensión alterna superior a 1000 V.

Clasificación de la aparamenta:

- ❖ Según la función del aparato:
  - Maniobra o corte (seccionadores, interruptores, disyuntores)
  - Protección (relés de protección, pararrayos autoválvulas)
  - Medida (transformadores de medida)
  - Regulación (reguladores de tensión para transformadores)
  - Control (cuadros de mando directo, cuadros de telemando)
  - Bobinas de reactancia y condensadores (reactancias de choque, condensadores para compensación de energía reactiva y regulación de tensión)
- ❖ Según la tensión de utilización
  - Baja tensión: 1000 V en corriente alterna y 1500 V en corriente continua
  - Media tensión: de 3 a 36 kV
  - Alta tensión: de 45 a 220 kV
  - Muy alta tensión: de 250 a 800 kV
- ❖ Según su emplazamiento:
  - Para montaje en intemperie
  - Para montaje interior
- ❖ Según tipo de protección:
  - No protegidos o abiertos
  - Protegidos: cuando una envolvente metálica unida a tierra impide el contacto accidental con partes en tensión.



## **7.1. CARACTERISTICAS GENERALES**

Las características generales de la apartamentas de alta tensión son los parámetros que determinan las condiciones de funcionamiento tanto en situaciones normales como en situaciones anormales (sobreintensidades, sobretensiones, cortocircuitos...)

Las características principales de la apartamentas son:

- Tensión nominal: valor de tensión que sirve para designarlo y que se refiere a sus condiciones de funcionamiento en caso de ruptura o cierre de la corriente. Las tensiones por las que se designa un aparato son dos: tensión nominal y tensión mas elevada. La tensión mas elevada corresponde a la máxima tensión que se puede dar en la línea en condiciones normales de explotación, y que por tanto debe ser capaz de soportar el aparato.

<b>Tensión nominal de la red (kV)</b>	<b>Tensión nominal mas elevada (kV)</b>
3	3,6
6	7,2
10	12
15	17,5
20	24
30	36
45	52
66	72,5
110	123
132	145
220	245
380	420

*Tensiones nominales normalizadas según MIE-RAT 04*

- Corriente nominal: es la corriente que el aparato puede soportar indefinidamente en condiciones nominales de servicio. Estos valores de corriente son: 6 – 10 – 16 – 25 – 32 – 40 – 63 – 80 – 100 – 125 – 160 – 200 – 250 – 315 – 400 – 630 – 800 – 1250 – 1600 – 2000 – 2500 – 3150 – 4000 – 5000 – 6300 A.
- Nivel de aislamiento: representa la aptitud del aparato para soportar las sobretensiones a frecuencia industrial, las sobretensiones de origen atmosférico y las sobretensiones de maniobra de frente escarpado
- Poder de ruptura o corte: representa el valor eficaz máximo de corriente que puede cortar un interruptor automático o disyuntor con toda seguridad.
- Poder de conexión nominal: es el valor instantáneo máximo que puede alcanzar la corriente de cortocircuito en el momento de cierre de un disyuntor con todas las garantías de seguridad.



- Corriente de corta duración admisible: es el valor máximo de corriente que puede soportar el aparato durante un tiempo especificado.
- Secuencia de maniobra: representa la sucesión de maniobras de apertura y cierre, en condiciones de cortocircuito, que el aparato es capaz de realizar sin que se produzcan deterioros en el mismo.
- Intensidad limite térmica: es el valor máximo de corriente a partir del cual los esfuerzos térmicos adicionales ocasionados en el aparato no resultan admisibles para el mismo.
- Intensidad limite dinámica: es el valor máximo de corriente a partir del cual los esfuerzos electrodinámicos ocasionados en el aparato no resultan admisibles para el mismo.



## **7.2. APARAMENTA DE MANIOBRA Y CORTE**

### **7.2.1. SECCIONADORES**

La misión de este aparato es la de aislar tramos de circuito, de una forma visible, cuando las circunstancias de explotación de la instalación así lo requieran. Los circuitos que deba interrumpir el seccionador deben hallarse libres de corriente, es decir, el seccionador debe maniobrar en vacío. Deben ser capaces de soportar corrientes nominales, sobreintensidades y corrientes de cortocircuito durante un tiempo especificado. Estos aparatos van a asegurar que los tramos de circuitos aislados se hallen libres de tensión para que el operario pueda tocar sin peligro.

Tipos de seccionadores:

- Seccionadores de cuchillas giratorias: son utilizados para tensiones medias, tanto para interior como para exterior, pudiendo disponer tanto de seccionadores unipolares como tripolares.
- Seccionadores de cuchillas deslizantes: con una estructura muy similar a los seccionadores de cuchillas giratorias, poseen la ventaja de requerir menor espacio en sus maniobras, ya que sus cuchillas se desplazan longitudinalmente. Estos seccionadores tienen una capacidad de desconexión inferior en un 70 % a los anteriores.
- Seccionadores de columnas giratorias: este tipo de seccionadores se utilizan en instalaciones en intemperie y con tensiones de servicio superiores a 30 kV. Dentro de este tipo de seccionadores cabe distinguir dos construcciones diferentes:
  - Seccionador de columna giratoria central: la cuchilla esta fijada sobre una columna aislante central que es giratoria. Con esta disposición se tiene una interrupción doble. Las dos columnas exteriores están montadas rígidamente sobre un soporte metálico de perfiles laminados y son las encargadas de sostener los contactos fijos.
  - Seccionador de dos columnas giratorias: el seccionador dispone de dos columnas en lugar de tres como el modelo de columna giratoria central, siendo estas dos columnas giratorias y portadoras de cuchillas solidarias que giran hacia el mismo costado. En este caso se obtiene solo un punto de interrupción a mitad de recorrido entre las dos columnas. El campo de aplicación de este seccionador es en instalaciones de intemperie con tensiones de servicio de hasta 110 kV y corrientes nominales comprendidas entre 800 y 2000 A.
- Seccionadores de pantógrafo: creados para simplificar la concepción y la realización de las instalaciones de distribución de alta tensión en intemperie (se



suelen utilizar para la conexión entre líneas y embarrados que se hallan a distinta altura y cruzados entre sí). Se distinguen de los anteriores seccionadores porque el contacto fijo de cada fase ha sido eliminado, realizando la conexión del contacto móvil directamente sobre la línea. Estos seccionadores se disponen para tensiones de servicio entre 132 y 400 kV en corrientes nominales entre 800 y 1600 A.

#### Seccionadores empleados:

##### Seccionador 132 kV:

- Seccionador columnas giratorias MESA SGC-145/1250
- Tensión nominal: 145 kV
- Intensidad nominal: 1250 A
- Tensión de ensayo a frecuencia industrial bajo lluvia: 275 kV
- Tensión de ensayo a impulso: 650 kV
- Intensidad de corta duración (valor eficaz): 31,5 kA
- Valor cresta de la intensidad: 80 kA
- Tipo de aislador: C4-650

##### Seccionador utilizado en el nivel 15 kV (incluido en la celda de M.T.):

- Seccionador de línea:
  - Edurancia mecanica: M0 (1000 maniobras)
- Seccionador de puesta a tierra:
  - Capacidad de cierre: 80 kA
  - Categoria del seccionador: E0
- Intensidad asignada: 2000 A
- Intensidad de corta duracion : 25 kA – 1/3 s



### 7.2.2. DISYUNTORES

Los interruptores automáticos o disyuntores son aparatos capaces de maniobrar y soportar corriente de carga nominal, sobrecargas y cortocircuitos durante un tiempo determinado. El accionamiento de estos interruptores puede ser manual o mediante relés de maniobra y protección.

El aparato debe cumplir con dos funciones fundamentales:

1. Debe ser capaz de disipar la energía producida por el arco sin que se dañe el equipo.
2. Debe ser capaz de restablecer muy rápidamente la rigidez dieléctrica del medio comprendido entre los contactos una vez extinguido el arco, o sea que la rigidez dieléctrica del medio quede en todo momento por encima del voltaje de recuperación.

#### Tipos de disyuntores:

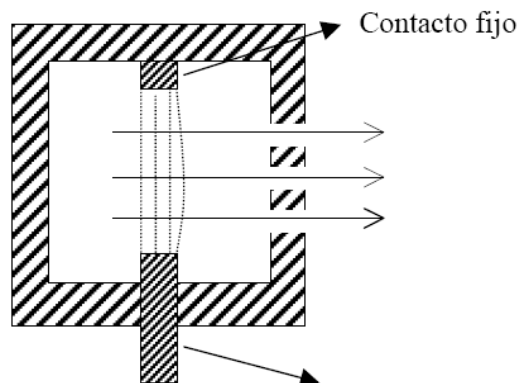
Según el medio eléctrico en el cual se encuentran los contactos, los tipos empleados para los disyuntores son los siguientes:

1. En aceite.
2. En SF<sub>6</sub> (hexafluoruro de azufre).
3. De soplo de aire.
4. En vacío.

#### Describimos los diferentes tipos:

1. En aceite:

Se aprovecha la energía desprendida por el arco mismo para apagarlo:



La separación de los contactos se hace en baño de aceite, lo cual tiene dos ventajas para aumentar el poder de corte:

- a) La rigidez dieléctrica del aceite es mayor que la del aire a presión atmosférica.





b) El arco descompone el aceite, generando hidrógeno, que es un medio refrigerante superior al aire.

Los contactos están en un pequeño recipiente, llamado cámara de explosión, provista de orificios de salida. El hidrógeno desprendido por el arco y contenido en la cámara de explosión aumenta la presión, lo cual hace crecer la rigidez dieléctrica del aceite.

Además el gas a presión que atraviesa el arco para salir por los orificios de la cámara lo alarga, lo enfría y lo apaga.

## 2. En SF<sub>6</sub>:

Desde ya unos cuantos años, el interruptor en aceite se ha reemplazado por el de SF<sub>6</sub>, que es un gas inerte que se hace trabajar a la presión de 2 o 3 kg/cm<sup>2</sup>. Se manda SF<sub>6</sub> a presión sobre el arco, generalmente a lo largo del eje del arco, lo cual lo adelgaza y lo apaga.

El disyuntor en SF<sub>6</sub> es totalmente hermético para mantener la presión, presentando varias ventajas que hacen que sea cada vez más empleado: el SF<sub>6</sub> no es tóxico, el disyuntor ocupa poco espacio (ideal en subestaciones compactas) y además no es ruidoso.

## 3. Con soplo de aire:

Se manda sobre el arco aire comprimido a 15 kg/cm<sup>2</sup>, siendo el principio de funcionamiento similar al de SF<sub>6</sub>. Pero la presión elevada requiere mayores precauciones para impedir escapes de aire.

## 4. En vacío:

Estos disyuntores se limitan a la tensión de 30 kV. Los contactos se separan en una cámara donde se ha hecho el vacío. De esta manera, se trata de evitar el nacimiento del arco (no hay gas que se ionice). Aunque esto no se logra totalmente, se disminuye mucho la duración del arco, la energía producida por el arco y la distancia a la que tienen que separarse los contactos.

Disyuntores empleados:

Disyuntor empleado empleado en la posición de 132 kV:

- Disyuntor ABB LTB D1/B
- Tension nominal: 145 kV
- Frecuencia nominal: 50 Hz
- Nivel soportado a frecuencia industrial:
  - A tierra y entre fases: 275 kV
  - A traves de polo abierto: 275 kV
- Nivel soportado a impulso tipo atmosferico:
  - A tierra y entre fases: 650 kV
  - A traves de polo abierto: 650 kV
- Corriente nominal de servicio: 3150 A
- Corriente nominal de cortocircuito: 40 kA
- Cresta de corriente de cierre: 100/104 kA
- Duracion de cortocircuito: 3 s
- Tiempo de cierre: < 40 ms
- Tiempo de apertura: 22 ms
- Tiempo de corte: 40 ms
- Tiempo muerto: 300 ms

Interruptor - disyuntor utilizado en el nivel 15 kV (incluido en la celda de M.T.):

- Capacidad de corte:
  - Cortocircuito: 25 kA
  - DC: > 45%
  - Intensidad cables en vacio: 31,5 A
  - Edurancia electrica: E2
- Secuencia de reenganche: o-0,3''-CO-15''-CO
- Edurancia mecanica: M2 (10000 maniobras)
- Intensidad asignada: 630/1250/1600/2000 A
- Intensidad de corta duracion: 25 kA – 1/3 s



### **7.3. APARAMENTA DE PROTECCION Y MEDIDA**

#### **7.3.1. AUTOVALVULAS**

Las autoválvulas, también denominadas pararrayos, tienen como función principal proteger la instalación eléctrica (transformador, interruptor, conductores de línea, etc.) contra sobretensiones de origen externo o interno, a la vez que absorbe parte de su energía.

Las autoválvulas solo pueden ofrecer una protección segura cuando se montan lo más cerca posible de las partes de instalación que han de protegerse, casi siempre de los transformadores.

Este aparato se compone básicamente de dos partes, el explosor y la resistencia variable unida a él en serie. Cuando la amplitud de una sobretensión supera la tensión de cebado del pararrayo, saltan arcos en el explosor y cierran el circuito de A. T. a tierra a través de las resistencias variables. La resistencia variable esta formada por un material conglomerado capaz de variar con rapidez su resistencia eléctrica, disminuyendo su valor cuando mayor sea la tensión aplicada y pasándolo a un elevado valor al reducirse la tensión. Se comporta, pues, el aparato como una válvula, cerrada para la tensión nominal del sistema y abierta para las sobretensiones.

La eficacia de una autoválvula estará en función de las siguientes características:

1. Tensión nominal o tensión de extinción (VL) : es el valor más elevado de la tensión eficaz a frecuencia industrial admisible entre bornes del pararrayos
2. Frecuencia nominal: es el valor de la frecuencia para la que esta previsto el pararrayos.
3. Tensión de cebado a frecuencia industrial: es el valor eficaz de la mínima tensión que, aplicada entre bornes al pararrayos, provoca el cebado de los componentes adecuados del mismo.
4. Tensión de cebado a la onda de choque: es el valor cresta de la tensión que aparece antes del paso de la corriente de descarga.
5. Tensión residual: es la tensión que aparece entre el terminal de línea y el terminal de tierra de un pararrayos durante el paso de la corriente de descarga.
6. Corriente de descarga: es la onda de corriente derivada a tierra por un pararrayos después de un cebado.



### Autoválvulas empleadas:

Autoválvula empleada en el nivel de 132 kV:

- ABB
- EXLIM P145
- $V_{\max} = 145 \text{ kv}$
- $V_r = 132 \text{ kv}$
- $V_c = 92 \text{ kv}$
- $8/20\mu\text{s}, 10 \text{ kA}$ ,  $V_{\text{cresta}} = 301 \text{ kv}$
- $30/60\mu\text{s}, 3 \text{ kA}$ ,  $V_{\text{cresta}} = 274 \text{ kv}$

Autoválvula empleada en el nivel de 15 kV:

- ABB
- EXLIM P52
- $V_{\max} = 52 \text{ kv}$
- $V_r = 60 \text{ kv}$
- $V_c = 48 \text{ kv}$
- $8/20\mu\text{s}, 10 \text{ kA}$ ,  $V_{\text{cresta}} = 137 \text{ kv}$
- $30/60\mu\text{s}, 3 \text{ kA}$ ,  $V_{\text{cresta}} = 125 \text{ kv}$

### **7.3.2. HILO DE GUARDA**

Para proteger la subestación contra las descargas directas de los rayos se utilizan hilos de guarda de la misma sección que los que se usan en las líneas de transmisión o simples astas cuando la probabilidad de rayo es muy reducida. En el caso de esta subestación se emplearán cables de la misma sección que la línea de transmisión puesto que hay probabilidad de descargas tipo rayo.

Los hilos de guarda en las subestaciones deben instalarse a una altura adecuada para proteger eficazmente los conductores y equipos bajo tensión. En nuestro caso, situaremos los hilos de guarda a una misma altura en toda la instalación, para que quede totalmente protegida de cualquier descarga tipo rayo. Tras efectuar los cálculos pertinentes, se estima que el hilo de guarda debe ir a una altura de 10 metros. Al haber dos niveles de tensión, salen dos posibles alturas para los hilos de guarda, pero por motivos de comodidad en el montaje y seguridad, se sitúan todos los hilos de guarda a la misma altura, superior a la altura calculada en el caso mas desfavorable.



### **7.3.3. TRANSFORMADORES DE MEDIDA Y PROTECCION**

Transformadores de medida son los transformadores destinados a alimentar instrumentos de medida, contadores y otros aparatos análogos.

Transformadores de protección son los transformadores destinados a alimentar a los relés de protección, los cuales actuarán sobre los interruptores automáticos o disyuntores.

Hay dos clases de transformadores de medida:

- Transformadores de intensidad
- Transformadores de tensión

La función de los transformadores de medida es reducir a valores no peligrosos y normalizados las características de tensión e intensidad de una red eléctrica. De esta manera, se evita la conexión directa entre los instrumentos y los circuitos de alta tensión que sería peligroso para los operarios y requeriría cuadros de instrumentos con aislamiento especial. Con esto también se evita utilizar instrumentos caros cuando se quieren medir corrientes intensas.



### 7.3.3.1 TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD

El primario de un transformador de intensidad consta de una o varias espiras, que se conectan en serie, con el circuito cuya intensidad se desea medir. El secundario alimenta los circuitos de intensidad de uno o varios aparatos de medida, conectados en serie.

El arrollamiento primario puede tener una, dos o cuatro secciones; permitiendo una, dos o tres intensidades primarias nominales, mediante el adecuado acoplamiento de las mismas. Puede haber también, uno o varios arrollamientos secundarios, bobinados cada uno sobre su circuito magnético. De esta manera no existe influencia de un secundario sobre el otro.

El núcleo de los T.I., normalmente, es de forma toroidal con el secundario uniformemente repartido, para reducir al mínimo el flujo de dispersión.

Cabe destacar que el secundario de un transformador de intensidad debe estar siempre cortocircuitado, y su apertura debe hacerse siempre sin tensión. Si el secundario de un T.I. se abriese cuando por el esta circulando corriente, se induciría una tensión peligrosa.

#### Transformadores de intensidad empleados:

Transformador de intensidad para el nivel de 132 kV:

- Arteche
- CA 145E
- $P = 300 \text{ kg}$
- $I_{cc} = 110 \cdot I_n$
- $V_n = 145 \text{ kV}$
- V ensayo frecuencia industrial: 275 kV
- V ensayo impulso: 650 kV
- $N^\circ \text{ max sec.} = 3$

Transformador de intensidad para el nivel de 15 kV (incluido en la celda de M.T.):

- Ormazabal
- Tipo toroidal
- Insensibles a las condiciones ambientales
- Características eléctricas:
  - Nivel de aislamiento: 0,72 kV
  - Tensión alterna nominal soportable: 3 kV / 1 min
  - Frecuencia nominal: 50 Hz
  - Intensidad térmica permanente: 1,2  $I_n$
  - Clase de aislamiento: E
- Relación:
  - 300/5 A
  - 600/5 A
  - 1000/5 A
- Medida: CL 0,5
- Protección: 5P20



### 7.3.3.3. TRANSFORMADOR DE TENSION

El primario de un transformador de tensión, se conecta a los bornes, entre los cuales se desea medir la tensión y el secundario se conecta a los circuitos de tensión de uno o varios aparatos de medida conectados en paralelo.

El transformador de tensión difiere menos de un transformador de potencia, que el transformador de intensidad.

Por razones constructivas y de aislamiento, los T.T. se fabrican normalmente con núcleo rectangular y los secundarios se bobinan sobre el mismo núcleo. No existe por lo tanto independencia entre ellos, a diferencia de lo que ocurre en los T.I., y la carga de un secundario influye en la precisión del otro.

Los T.T. pueden estar destinados a medir la tensión entre fases o entre fase y tierra.

#### Transformadores de tensión empleados:

Transformador de tensión utilizado en el nivel de 132 kV:

- Artech
- UTF 145
- $P = 520 \text{ kg}$
- $V_n = 145 \text{ kv}$
- V ensayo frecuencia industrial: 275 kV
- V ensayo impulso: 650 kV
- $N^\circ \text{ max sec.} = 3$

Transformador de intensidad para el nivel de 15 kV (incluido en la celda de M.T.):

- Ormazabal
- Insensibles a las condiciones ambientales
- Características eléctricas:
  - Tensión nominal: 3,6 – 36 kV
  - Factor de tensión en permanencia: 1,2  $U_n$
  - Factor nominal de tension  $U_n / 8 \text{ H}$ : 1,9
  - Tensión en el secundario:  $110 / \sqrt{3} \text{ V}$
  - Potencia de precisión: 25 VA
  - Clase de precisión:
    - Medida: 0,5
    - Protección: 6P



### **7.3.4. RELES DE PROTECCION**

Los relés de protección tienen como tarea coordinar los distintos dispositivos de protección y maniobra para conseguir la selectividad de las protecciones a la hora de actuar. Los dispositivos de protección habituales garantizan que la instalación eléctrica quede protegida frente a los distintos tipos de faltas, pero no asegura de por sí un servicio continuo de la instalación.

Las perturbaciones que pueden alterar o afectar el servicio normal de los diversos elementos que componen una instalación eléctrica de alta tensión son:

- Defecto en los aislamientos de máquinas y cables, que se pueden dar por perforaciones producidas por envejecimiento, corrosión o calentamiento.
- Descargas atmosféricas y sobretensiones interiores, producidas por maniobras indebidas.
- Acción de animales que pueden producir cortocircuitos entre barras o líneas aéreas.
- Destrucciones mecánicas por bloqueo de máquinas rotativas o embalamiento de las mismas.
- Exceso de carga conectada a la línea, que produce que generadores y transformadores trabajen en condiciones muy apuradas.
- Factores humanos, que suelen consistir en descuidos o maniobras indebidas.
- Puestas a tierra intempestivas producidas por la humedad del terreno o por la rotura de una línea aérea y su consecuente contacto a tierra.

Todas estas perturbaciones se pueden agrupar, desde el punto de vista de la instalación eléctrica, en cinco tipos de faltas:

- Cortocircuito
- Sobrecarga
- Retorno de corriente
- Subtensión
- Sobretensión

Relés de protección utilizados en la subestación:

- 27 - Relé de mínima tensión: funciona al descender la tensión de un valor predeterminado
- 49 – Relé térmico para transformadores: funciona cuando la temperatura de un transformador excede de un valor fijo.
- 50 – Relé instantáneo de sobreintensidad y velocidad de aumento de intensidad: funciona instantáneamente con un valor excesivo de la intensidad o con un valor excesivo de velocidad de aumento de intensidad.
- 51 – Relé de sobreintensidad de tiempo de c.a.: relé con una característica de tiempo inversa que funciona cuando la intensidad de un circuito de c.a. sobrepasa un valor dado.
- 59 – Relé de sobretensión: funciona con un valor dado de sobretensión
- 63 – Relé de Bouchholz: funciona con un valor dado de presión del líquido o gas, para una determinada velocidad de variación de la presión.





- 87 – Relé de protección diferencial: funciona sobre un porcentaje o ángulo de fase u otra diferencia cuantitativa de dos intensidades o algunas otras cantidades eléctricas.

Relés de protección empleados:

Relés utilizados en las dos líneas de entrada de 132 kV:

- 59 – Relé de sobretensión
- 27 – Relé de Subtensión
- 50/51 – Relé de sobreintensidad

Relés utilizados en las unión de barras del embarrado 132 kV:

- 50/51 – Relé de sobreintensidad

Relés utilizados en las líneas de los transformadores:

- 59 – Relé de sobretensión
- 27 – Relé de Subtensión
- 50/51 – Relé de sobreintensidad
- 87 – Relé diferencial
- 49 – Protección térmica
- 63 – Relé Bouchholz

Relés utilizados en las salidas de 15 kV:

- 59 – Relé de sobretensión
- 27 – Relé de Subtensión
- 50/51 – Relé de sobreintensidad

Relés utilizados para la proteccion de las baterias de condensadores:

- 59 – Relé de sobretensión
- 27 – Relé de Subtensión
- 50/51 – Relé de sobreintensidad



### **7.3.5. APARATOS DE MEDIDA**

Los aparatos de medida están encargados de medir en todo momento magnitudes tales como tensión, intensidad, potencia activa, potencia reactiva y frecuencia de una línea. Están conectados a la línea a través de transformadores de intensidad y tensión para rebajar la magnitud de las medidas y así disminuir las pérdidas.

Una pequeña descripción de los aparatos:

- **Voltímetro:** Un voltímetro es un instrumento que sirve para medir la diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito eléctrico.
- **Amperímetro:** Un amperímetro es un instrumento que sirve para medir la intensidad de corriente que está circulando por un circuito eléctrico.
- **Frecuencímetro:** Un frecuencímetro es un instrumento que sirve para medir la frecuencia, contando el número de repeticiones de una onda en un intervalo de tiempo, mediante el uso de un contador que acumula el número de periodos. Dado que la frecuencia se define como el número de eventos de una clase particular ocurridos en un período, es generalmente sencilla su medida.
- **Cosfímetro:** un cosfímetro es un instrumento encargado de medir el factor de potencia.
- **Vatímetro:** El vatímetro es un instrumento electrodinámico para medir la potencia eléctrica o la tasa de suministro de energía eléctrica de un circuito eléctrico dado
- **Contador de reactiva:** es un instrumento encargado de contar la energía reactiva de la línea.



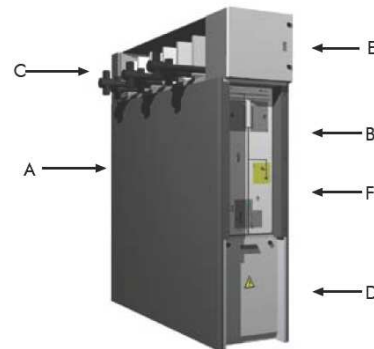
## **8. CELDAS DE MEDIA TENSION**

Debido al diseño de la subestación eléctrica, la aparamenta de media tensión está ubicada dentro del edificio de control. Por lo tanto, deben ir en celdas metálicas para protegerlos del exterior y del contacto con las personas.

En el diseño de esta subestación, se han elegido las celdas metálicas de la casa Ormazabal.

Características constructivas:

- A. Compartimento de seccionadores de línea
- B. Compartimento de interruptor – disyuntor
- C. Compartimento de barras
- D. Compartimento de cables
- E. Compartimento de control
- F. Interfaz de operaciones



La rigidez mecánica del bastidor metálico, que compone la estructura de estas celdas, garantiza la indeformabilidad del conjunto en las condiciones de servicio previstas.

La seguridad de la instalación se ve reforzada al estar conectados tanto el bastidor como el resto de las partes metálicas no activas de la celda a la barra general de tierra.

La conexión entre celdas se realiza, dentro de un compartimento separado de los compartimentos de aparamenta e instalado en la parte superior de las celdas, mediante un embarrado con aislamiento sólido apantallado.

El conjunto de compartimentos de aparamenta, sellados de por vida y con aislamiento en SF<sub>6</sub>, albergan los elementos de corte y maniobra.

Seguridad:

- Insensibilidad ante entornos ambientales agresivos (polvo, contaminación, humedad, etc.), protección contra contactos indirectos y larga vida útil proporcionadas por su aislamiento en gas, estando los elementos de corte y conexión albergados en compartimentos de aparamenta de acero inoxidable independientes, totalmente estancos y sellados de por vida.
- Resistencia ante arco interno, acreditada con los ensayos realizados cumpliendo los criterios de la norma IEC 62271-200.
- Grado de protección del compartimento de aparamenta IP65 y del conjunto de la celda IP3X.
- Monitorización compensada por temperatura de la presión de gas en el interior de cada uno de los compartimentos de aparamenta de la celda.
- Indicador permanente de presencia/ausencia de tensión, con contactos opcionales para teleseñalización y/o realización de enclavamientos electromagnéticos.



- Aislamiento integral del circuito de potencia completo, incluyendo los terminales de los cables, estando todo ello apantallado, puesto a tierra e instalado en el interior de una envolvente metálica.
- Diseño ergonómico, accesibilidad segura a las zonas de mando y señalización, situadas en el exterior del compartimento de aparamenta.
- Sencillez y seguridad de operación.
- Enclavamiento entre los elementos de maniobra y corte de acuerdo con los criterios de la norma IEC 62271-200.

#### Tipos de celdas:

- Celda de interruptor – disyuntor (CPG.1-V1). Incluye en compartimentos independientes, por una parte, un interruptor – disyuntor de tecnología de corte en vacío y un seccionador de puesta a tierra en serie con el, y por otra, seccionadores de línea.
  - Características eléctricas:
    - Tension nominal (kV): 24
    - Frecuencia (Hz): 50
    - Intensidad nominal de corte de cortocircuito (kA): 25/31,5
    - Intensidad nominadle embarrado (A):
      - ❖ Embarrado general: 1250/1600/2000
      - ❖ Derivaciones: 630/1250/1600/2000
  - Características físicas:
    - Alto (mm): 2500
    - Ancho (mm): 600
    - Fondo (mm): 2004
    - Peso (kg): 1100
  - Configuración:
    - Seccionador de línea – Mando motor: Si
    - Seccionador de puesta a tierra – Mando motor: Si
    - Detector de presencia de tensión: Si
    - Compartimento de cables:
      - ❖ Transformadores de intensidad: Si
      - ❖ Transformadores de tension: Si
- Celda de acoplamiento longitudinal de barras (CPG.1-C). Incluye en compartimentos independientes los siguientes elementos: un interruptor – disyuntor de tecnología de corte en vacío y los seccionadores de puesta a tierra en serie con el en un compartimento de aparamenta, y dos seccionadores de línea en sus compartimentos correspondientes.
  - Características eléctricas:
    - Tension nominal (kV): 24
    - Frecuencia (Hz): 50
    - Intensidad nominal de corte de cortocircuito (kA): 25/31,5
    - Intensidad nominadle embarrado (A):
      - ❖ Embarrado general: 1250/1600/2000



- Características físicas:
  - Alto (mm): 2500
  - Ancho (mm): 600
  - Fondo (mm): 2004
  - Peso (kg): 1400
- Configuración:
  - Seccionador de linea – Mando motor: Si
  - Seccionador de puesta a tierra – Mando motor: Si



## **9. CONDUCTORES**

Se denomina conductor a cualquier material metálico o combinación de ellos que permita constituir alambres o cables de características eléctricas y mecánicas adecuadas para el fin a que van a destinarse, siendo éstas inalterables con el tiempo además de presentar una resistencia elevada a la corrosión atmosférica.

Podrán emplearse como conductores: alambres, cables, cables huecos y cables rellenos de materiales no metálicos, si bien habrán de ser siempre cableados cuando se empleen conductores de aluminio o sus aleaciones.

Las características exigibles para la elección de los conductores son tres, esencialmente:

- En primer lugar, se ha de tener en cuenta la resistencia eléctrica, puesto que, cuanto menor sea ésta, menores serán las pérdidas por calentamiento, ya que las pérdidas son proporcionales a la resistencia eléctrica.
- El segundo factor es la resistencia mecánica, puesto que, en las líneas aéreas, se originan grandes esfuerzos mecánicos.
- En tercer lugar el aspecto económico, procurando el mínimo coste de la línea, lo que redundará en menor coste del transporte y, por lo tanto, en mayor rentabilidad.

Como suele suceder en la mayoría de los problemas técnicos, no existen materiales conductores que reúnan simultáneamente las tres características que reúnen dos de ellas (conductibilidad y resistencia mecánica); están formados por un material de buenas cualidades eléctricas (Cobre, aluminio o aleaciones de ambos) y otro de buenas cualidades mecánicas (generalmente acero, ya que, de todos los materiales industriales, el que ofrece mejores cualidades mecánicas es el acero, aunque, en cuanto a cualidades eléctricas, sea el más desfavorable.

Otras características que se deben tener en cuenta son:

- Resistencia específica o resistividad. Es la medida de la resistencia eléctrica de una unidad de longitud para un material dado. Se define como la resistencia eléctrica de un alambre de conductor de un metro de longitud y un mm<sup>2</sup> de sección;
- Conductividad o conductancia específica. En los conductores, el valor de la resistencia eléctrica aumenta al aumentar la temperatura; y se define como coeficiente de temperatura el aumento de resistencia que experimenta un conductor al elevar su temperatura un grado centígrado.
- Esfuerzo y deformación. Los materiales que se emplean como conductores para líneas aéreas están sometidas a dos tipos de esfuerzos: tracción y compresión.



### Conductores empleados:

El conductor elegido para el nivel de 132 kV es el LA 280 HAWK, que posee las siguientes características:

- Sección ( $\text{mm}^2$ ):
  - Aluminio: 241,7
  - Acero: 39,4
  - Total: 281,7
- Equivalencia en cobre ( $\text{mm}^2$ ): 152
- Diámetro (mm):
  - Alma: 8,04
  - Total: 21,8
- Carga de rotura (kg): 8620
- Peso (kg/km):
  - Aluminio: 667
  - Acero: 310
  - Total: 977
- Resistencia eléctrica a 20°C ( $\Omega/\text{km}$ ): 0,1194
- Peso (kg/km): 977
- Módulo de elasticidad ( $\text{kg}/\text{mm}^2$ ): 7700
- Coeficiente de dilatación lineal ( $\text{mm} \times 10^{-6}$ ): 18,9
- Intensidad admisible reglamentaria (A): 605
- Tensión máxima normal ( $T_{nm}$ ): 2500
- Tensión máxima reducida ( $T_{mr}$ ): 2100

Este cable soporta la intensidad máxima admisible de servicio continuo.

El conductor elegido para media tensión (15 kV), posee las siguientes características:

- Modelo: Cable Retenax CU 13,2 kV – Categoría II
- Marca: Prysmian
- Sección nominal ( $\text{mm}^2$ ): 400
- Diámetro conductor (mm): 23,3
- Espesor aislante nominal (mm): 5,0
- Espesor de envoltura nominal (mm): 2,3
- Diámetro exterior (mm): 49
- Masas aproximada ( $\text{kg}/\text{km}$ ): 5370
- Espesor de vaina nominal (mm): 2,4
- Corriente admisible para cables enterrados (unipolares): 685 A
- Resistencia a 90 °C y 50 Hz ( $\text{ohm}/\text{km}$ ): 0,0599
- Reactancia a 50 Hz ( $\text{ohm}/\text{km}$ ): 0,171

Puesto que no se pueden emplear secciones de cable con excesivo diámetro puesto que dificulta el manejo de los cables al ponerlos en posición curva, elijo un cable de diámetro 400  $\text{mm}^2$  de cobre.



Por lo tanto, se dispondrán dos cables de 400 mm<sup>2</sup> de cobre por fase a la salida de la autoválvula dispuesta justamente después de cada transformador. La unión de las bornas con los dos cables se hará mediante una pletina de cobre.

Los cables irán enterrados en una zanja de 1 metro de ancho y 50 cm de profundidad. Los cables irán hasta el edificio de control y se conectara cada línea a su correspondiente celda de seccionamiento, compuesta de un seccionador, un disyuntor y transformadores de intensidad y tensión. Estas dos celdas alimentaran a las 8 celdas de salida de la subestación.





## **10. AISLADORES**

Los aisladores son los elementos cuya finalidad consiste en aislar el conductor de la línea de apoyo que lo soporta. Al emplearse los conductores, se precisa que los aisladores posean buenas propiedades dieléctricas ya que la misión fundamental del aislador es evitar el paso de la corriente del conductor de apoyo. La unión de los conductores con los aisladores y de éstos con los apoyos se efectúa mediante piezas metálicas denominadas *herrajes*.

El paso de la corriente del conductor al apoyo puede producirse por las causas siguientes:

- *Por conductividad del material:* es decir, a través de la masa del aislador; para evitar esto, se emplean, materiales para los que la corriente de fuga es despreciable.
- *Por conductividad superficial:* se produce contorneando la parte exterior del aislador por aumento de la conductividad, debido a haberse depositado en la superficie del aislador, una capa de polvo o humedad. Esta conductividad recibe el nombre de efecto corona y suele reducirse dando un perfil adecuado a la superficie del aislador.
- *Por perforación de la masa del aislador:* al ser muy difícil mantener la uniformidad dieléctricas de un material en toda su masa, existe el peligro de que se perfora el aislador, sobre todo si el espesor es grande. Por ello, los aisladores suelen fabricarse en varias piezas de pequeño espesor unidas por una pasta especial.
- *Por descarga disruptiva a través del aire:* puede producirse un arco entre el conductor y el soporte a través del aire, cuya rigidez dieléctrica a veces no es suficiente para evitar la descarga. Esto suele ocurrir con la lluvia, debido a la ionización del aire, y se puede evitar con un diseño adecuado para aisladores de intemperie, tratando de aumentar la distancia entre aislador y soporte de forma que la tensión necesaria para la formación del aire sea mayor.

Materiales empleados para la fabricación de aisladores:

- *Porcelana:* constituida por caolín y cuarzo, con un tratamiento de cocción a 1400 °C; se recubre de una capa de silicato, recociéndose posteriormente para obtener un vidriado en caliente que hace impermeables los aisladores y dificulta la adherencia de polvo o humedad
- *Esteatita y resinas epoxi:* se emplean cuando los aisladores han de soportar grandes esfuerzos mecánicos, debido a que su resistencia mecánica es el doble que la de porcelana.
- *Vidrio:* es una mezcla de ácido silícico con óxidos de calcio, sodio, bario, aluminio, etc., fundida entre 1300 y 1400 °C. La composición de base cálcico-



alcalina, obtenida por enfriamiento brusco mediante una corriente forzada de aire frío, posee elevada dureza y resistencia mecánica, incluso gran estabilidad, ante los cambios de temperatura, con el inconveniente del mayor coeficiente de dilatación.

Clasificación de los aisladores:

Puede realizarse una clasificación según los siguientes criterios:

- Según su constitución: Aislador simple, formado por una sola pieza de porcelana, esteatita o vidrio
- Según su instalación:
  - Aislador de servicio interior, empleado en lugares guarecidos de la lluvia
  - Aislador de servicio exterior, para servicio a la intemperie
- Por su forma y característica:
  - Aislador acoplable; está diseñado de forma que permite el acoplamiento de varios elementos con los que obtener el aislamiento deseado. El acoplamiento puede ser rígido o articulado.
  - Aislador no acoplable; está constituido de forma que no puede acoplarse con otros elementos similares.
- Por su acabado:
  - Aislador con montura metálica, provisto de una o varias piezas metálicas para la fijación del conductor o del aislador.
  - Aislador en montura metálica, sin ninguna pieza metálica para su fijación
- Según su forma de colocación:
  - Aisladores de apoyo, formados por una o varias capas aisladoras, destinadas a albergar un conductor.
  - Aisladores de suspensión, la fijación del conductor se realiza suspendiéndolo del aislador mediante herrajes adecuados

Otras características que definen un aislador y que deben ser tenidas en cuenta a la hora de elegirlo son:

- Línea de fuga
- Distancia disruptiva
- Tensión de corona
- Tensión disruptiva en seco a frecuencia normal
- Tensión disruptiva bajo lluvia a frecuencia normal



- Tensión disruptiva con ondas de sobre tensión de frente recto
- Tensión de perforación
- Carga de rotura mecánica

Aislador utilizado en los pórticos de la subestación:

- Modelo: U 120 B
- Marca: INAEL
- Dimensiones:
  - Paso: 146 mm
  - Diametro: 255 mm
- Linea de fuga: 295 mm
- Norma de acoplamiento: 16
- Peso: 3,8 kg
- Carga de rotura: 120 kN



## **11. SERVICIOS AUXILIARES**

Los servicios auxiliares tienen como objetivo dar alimentación a todos los receptores de la subestación como motores de ventilación, alumbrado, tomas de corriente, batería de corriente continua. Estos receptores son imprescindibles para el funcionamiento de la subestación. Dentro del alumbrado, separaremos el alumbrado interior de la caseta que compuesto por 6 pantallas fluorescentes de 2x54 W; con el alumbrado exterior, que lo compondrán 6 proyectores de 400 W, que alumbraran tanto la entrada como la parte de la subestación de intemperie. Se dispondrán 4 tomas de corriente de 16 A. La batería de corriente continua será alimentada a través de un inversor y tendrá como objetivo alimentar a los relé, tanto de alta tensión como de media, y a los motores de los seccionadores y disyuntores.

Se alimentan a través de un transformador de 15000/400 V de 50 kVA. Dicho transformador viene alimentado desde el embarrado de 15 kV.

Los servicios auxiliares están situados en la caseta de control.

## **12. BATERIA DE CONDENSADORES**

Las baterías de condensadores se utilizan principalmente para mejorar el factor de potencia de la red. También mejoran la estabilidad de la tensión y reducen las pérdidas en la red. La mejora del factor de potencia representa igualmente una mayor capacidad de transmisión de energía y un mayor control de la misma. La instalación de condensadores en una red de transmisión o de distribución se denomina corrección del factor de potencia o compensación de la energía reactiva.

Ventajas:

- Menores pérdidas en la red
- Mayor estabilidad de la tensión
- Mejor calidad de la energía
- Limitación o reducción de las partidas cobradas por exceso de consumo de energía reactiva.
- Mayor posibilidad de carga en los transformadores y en las líneas de transmisión existentes.

La compensación de potencia reactiva en MT está directamente relacionada con diferentes aspectos que ayudan a la gestión técnica de redes de transporte y distribución. Básicamente son:

- Calidad del suministro: Consiste en el aumento de los niveles de tensión en juegos de barras de estaciones transformadoras y en finales de línea.
- Optimización del coste de explotación de la instalación. Es decir, la disminución de la potencia reactiva, y por tanto, la reducción de potencia aparente comporta dos aspectos de fuerte relevancia técnica:
  - Reducción de pérdidas



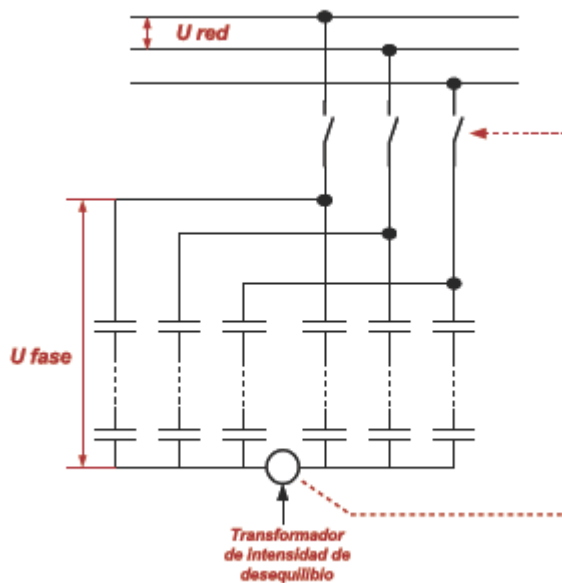
- Aumento del rendimiento de transformadores e instalaciones
- Reducción del coste económico de la energía.

Baterías con condensadores monofásicos conectados en doble estrella:

Es la configuración más utilizada en medianas y grandes potencias. La doble estrella está formada por dos estrellas unidas por un neutro común. En el neutro se conecta un transformador de corriente para la detección de corrientes de defecto de condensadores. Esta disposición de los condensadores permite la realización del equipo sea cual sea el nivel de tensión y potencia necesaria, partiendo de condensadores estándar.

En efecto, tal como se observa en la figura, el condensador o grupo de condensadores de cada ramal, tendrá una tensión aplicada correspondiente a la tensión de fase.

Una vez definida la tensión de cada condensador, y por tanto, el número de unidades, se define la potencia de cada condensador.



Baterías en doble estrella:

- Tensiones nominales > 11 kV
- Potencias de batería > 1,4 MVar

$$Q_{\text{condensador}} = \frac{Q_{\text{bateria}}}{N^{\circ} \text{ condensadores}} = \frac{5500 \text{ kVar}}{12} = 458,3 \approx 500 \text{ kVar}$$

La configuración será una doble estrella de 12 condensadores de 500 kVar cada uno.



Las baterías irán dispuestas en bastidores y dentro de un armario de las siguientes dimensiones: 2440x1000x1985 (largo x ancho x alto)

Batería elegida:

- Modelo: CHV-M
- Marca: Circuitor
- Tensión: 15 kV
- Potencia nominal: 500 kVar
- Frecuencia: 50 Hz
- Pérdidas dieléctricas  $< 0,2$  W/kVar
- Tolerancia de capacidad: -5 ... + 10%
- Resistencia de descarga:
  - Tiempo de descarga  $< 10$  minutos
  - Tensión residual  $< 75$  V
- Aisladores:
  - Material: Porcelana
  - Nivel de polución: 16 mm/kV
  - Nivel de aislamiento: 24 kV
- Sobrecarga:
  - En corriente:  $1,3 I_n$  permanente
  - En tensión:
    - $1,1 U_n$  12 h en 24 horas
    - $1,15 U_n$  30 min en 24 horas
    - $1,2 U_n$  5 min en 24 horas
    - $1,3 U_n$  1 min en 24 horas
- Condiciones ambientales:
  - Temperatura de uso: Categoría C
  - Temperatura máxima:  $50^{\circ}\text{C}$
  - Valor máximo promedio durante 24 horas:  $40^{\circ}\text{C}$
  - Valor máximo promedio durante 1 año:  $30^{\circ}\text{C}$
- Características constructivas:
  - Dieléctrico: Film polipropileno rugoso
  - Electrodo: Hoja de aluminio
  - Aceite impregnante: SAS-40E o M/DBT
  - Dimensiones: 350x1000x175
  - Peso: 70 kg
  - Caja: Acero inoxidable pintada RAL 7035. Presenta 2 alas para fijar al bastidor y evitar esfuerzos mecánicos en los bornes de porcelana.

Bastidor elegido:

- Modelo: CRKAP-B
- Marca: Circuitor
- Tensión: 7,2 ... 33 kV
- Potencia nominal: 600 ... 7200 kVar
- Frecuencia: 50 Hz
- Ubicación: Interior / Exterior



- Grado de protección: Ip00
- Nivel de aislamiento: 7,2 ... 33 kV
- Configuración:
  - Condensadores: monofásicos en doble estrella
  - Batería: Fija
- Características constructivas:
  - Dimensiones: 2440 x 1000 x 1985
  - Paneles y bastidores: acero pintado y tratado



## **13. RED DE TIERRAS**

El objetivo de una conexión a tierra es proveer un medio para facilitar el flujo de la corriente del sistema de potencia a tierra en condiciones normales y condiciones de falla. La oposición que se presenta a la circulación de esta corriente se llama resistencia de tierra.

Las características de una conexión a tierra, varían con las composiciones y el estado físico del terreno, así como de la extensión, calibre del conductor y configuración de la malla de tierras. El terreno puede estar formado por combinación de materiales naturales de diferente resistividad, puede ser homogéneo y en algunos casos estar formado por granito, arena o roca, etc.

Consecuentemente, las características de una conexión a tierra (resistencia óhmica), varían con las estaciones del año, y se producen por cambios en la temperatura, contenido de humedad (sales solubles en los estratos), composición y compactación del terreno.

La construcción de redes de tierra tiene por objeto reducir la resistencia de tierra; la cual esta formada por un conjunto de conductores enterrados a una profundidad de 50 centímetros, formando una configuración cuadriculada y conectados mediante soldadura cadweld entre si. Todo el equipo eléctrico y estructuras metálicas instalados en la subestación deben estar solidamente conectado a esta malla de tierras.

Las funciones de la red de tierra son las siguientes:

1. Proporcionar un circuito de muy baja impedancia, para conducir o drenar a tierra las corrientes producidas por sobretensiones.
2. Evitar que durante la circulación de corrientes de falla a tierra, puedan producirse diferencias de potencial entre distintos puntos de la subestación que puedan ser peligrosos, y que pongan en riesgo la seguridad del personal.
3. Brindar una referencia de potencial “cero” durante la operación del sistema eléctrico, como lo hace para las conexiones de los neutros de equipos eléctricos conformados por devanados, evitando sobrevoltajes que pudieran resultar peligrosos para los mismos y para el personal.
4. Conexiones a tierra que se realicen temporalmente durante maniobras o mantenimiento de la instalación.
5. La disponibilidad de una conexión a tierra para protección contra descargas atmosféricas.
6. Facilitar la operación de los dispositivos de protección para la liberación de fallas a tierra.

Se diferenciarán dos tierras en la subestación:

- Tierra para los herrajes y neutros de los transformadores de potencia: será un mallazo de cable de cobre desnudo de 95 mm<sup>2</sup>, de dimensiones 120 x 90 metros, de paso 6 metros.





- Tierra para el neutro del transformador de servicios auxiliares: estará compuesta por cable de cobre desnudo y 4 picas en hilera separadas entre sí 3 metros. Esta tierra se situará alejada de la mencionada anteriormente.



## **14. DISTANCIAS DE SEGURIDAD**

### **14.1. DISTANCIA DE LOS CONDUCTORES AL TERRENO**

La altura de los apoyos será la necesaria para que los conductores, con su máxima flecha vertical, queden situados por encima de cualquier punto de terreno o superficies de agua no navegables, a una altura mínima de:

$$15,3 + U/150 \text{ metros}$$

En la hipótesis del cálculo de flechas máximas bajo la acción del viento sobre los conductores, se mantendrá una distancia inferior a un metro a la anteriormente señalada, considerándose en este caso el conductor con la desviación producida por el viento.

En lugares de difícil acceso, las anteriores distancias podrán ser reducidas en un metro.

Entre la posición de los conductores con su flecha máxima vertical, y la posición de los conductores con su flecha y desviación correspondiente a la hipótesis de viento a) del apartado 3, del artículo 27, las distancias de seguridad al terreno vendrán determinadas por la curva envolvente de los círculos de distancia trazados en cada posición intermedia de los conductores, con un radio interpolado entre la distancia correspondiente a la posición vertical y a la correspondiente a la posición de máxima desviación, en función lineal del ángulo de desviación.

### **14.2. DISTANCIA DE LOS CONDUCTORES ENTRE SI Y ENTRE ESTOS Y LOS APOYOS.**

La distancia de los conductores sometidos a tensión mecánica entre sí, así como entre los conductores y los apoyos, debe ser tal que no haya riesgo alguno de cortocircuito ni entre fases ni a tierra, teniendo presente los efectos de las oscilaciones de los conductores debidas al viento y al desprendimiento de la nieve acumulada sobre ellos.

Con este objeto, la separación mínima entre conductores se determinará por la fórmula siguiente:

$$D = K \sqrt{F + L + U/150}$$

en la cual:

- D = Separación entre conductores en metros.
- K = Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento, que se tomará de la tabla adjunta.
- F = Flecha máxima en metros, según el apartado 3 del artículo 27.



- L = Longitud en metros de la cadena de suspensión. En el caso de conductores fijados al apoyo por cadenas de amarre o aisladores rígidos  $L = 0$ .
- U = Tensión nominal de la línea en kV.

Angulo de oscilación	Valores de k	
	Líneas de 1ª y 2ª categoría	Líneas de 3ª categoría
Superior a 65°	0,7	0,65
Comprendido entre 40° y 65°	0,65	0,6
Inferior a 40°	0,6	0,55

Los valores de las tangentes del ángulo de oscilación de los conductores vienen dados por el cociente de la sobrecarga de viento dividida por el peso propio, por metro lineal de conductor, estando la primera determinada de acuerdo con el artículo 16.

La fórmula anterior corresponde a conductores iguales y con la misma flecha. En el caso de conductores diferentes o con distinta flecha, se justificará la separación entre ellos, analizando sus oscilaciones con el viento.

En el caso de conductores dispuestos en triángulo o hexágono, y siempre que se adopten separaciones menores de las deducidas de la fórmula anterior, deberán justificarse debidamente los valores utilizados.

En zonas en las que puedan preverse formaciones de hielo sobre los conductores particularmente importantes, se analizará con especial cuidado el riesgo de aproximaciones inadmisibles entre los mismos.

La separación entre conductores y cables de tierra se determinará de forma análoga a las separaciones entre conductores de acuerdo con todos los párrafos anteriores.

La separación mínima entre los conductores y sus accesorios en tensión y los apoyos no será inferior a:

$$0,1 + U/150 \text{ metros}$$

con un mínimo de 0,2 metros.

En el caso de las cadenas de suspensión, la distancia de los conductores y sus accesorios en tensión al apoyo será la misma de la fórmula anterior, considerados los conductores desviados bajo la acción de una presión del viento mitad de la fijada para ellos en el artículo 16.

En el caso de emplearse contrapesos para reducir la desviación de la cadena, el proyectista justificará los valores de las desviaciones y distancias al apoyo.



## **15. OBRA CIVIL**

### **15.1. PARQUE INTEMPERIE**

Para llevar a cabo la subestación, hacen faltan una serie de obras previas en el terreno para poder adecuarlo a las características que debe tener un terreno en el cual se va a disponer una subestación eléctrica.

En primer lugar hay que realizar es una explanación y nivelación del terreno, para que toda la instalación este al mismo nivel y que ningún aparato que se ponga sobre el terreno quede inclinado por culpa del desnivel del terreno. Después hay que crear las vías de acceso necesarias para que todas las maquinas puedan entrar en la zona a trabajar.

Para el tendido de cables de alimentación y control desde el edificio de control hasta los distintos elementos se construirán zanjas. Serán zanjas de 1 metro de ancho y 50 centímetros de profundidad. Las zanjas irán tapadas por bloques de hormigón. También hay que realizar excavación en el terreno para poder insertar los aparatos tales como transformador, pórticos, etc. en sus lugares correspondientes y que resistan la acción del viento y agua. Un paso importante es el hormigonado de los elementos. La aparamenta irá colocada sobre soportes metálicos anclados al suelo mediante el hormigón.

Para evitar que personas ajenas a la subestación puedan entrar en el recinto, se cercará con una valla metálica de 2,5 metros de alta. Cubrirá la superficie de 110 x 80 metros, excepto el tramo en el que se encuentra el edificio de control.

### **15.2. EDIFICIO DE CONTROL**

El edificio de control esta situado dentro del recinto de la subestación. Es un edificio rectangular de 17 x 8 x 3 metros (largo x ancho x alto), con una sola planta al nivel del suelo. Dentro del edificio se albergan las celdas de seccionamiento y protección de los transformadores, las celdas de las líneas de salida, el transformador de servicios auxiliares con su correspondiente celda de seccionamiento y protección, el cuadro de baja tensión y un sistema de refrigeración forzada compuesto por un motor de 3 kW para refrigerar el edificio.

El edificio esta compuesto por bloques de hormigón. Dispone de dos puertas, una que comunica el exterior con el edificio de control y otra que comunica el edificio de control con el parque de intemperie. Ambas puertas son metálicas galvanizadas revestidas, con dos hojas. Tienen unas medidas de 2 x 2,5 m (ancho x alto).



## **16. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS**

### **16.1. CALCULOS DE LA RED DE TIERRA Y TIERRA DE NEUTRO**

Para el cálculo de la red de tierra de la subestación de dimensiones 120 metros de longitud por 90 metros de anchura, dimensiones mas que suficientes para la instalación de la aparamenta correspondiente y para asegurar las distancias de seguridad y pasillos de maniobra exigidos por el reglamento sobre centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.

Como en cualquier subestación la red de tierra será un mallazo de conductores de hilo de cobre de 95 mm<sup>2</sup>, que cubrirá toda la superficie de la subestación. Los conductores de esta estarán separados unos de otros una distancia de 6 metro.

Todos los elementos sometidos a tensión irán conectados a esta red, por lo que se utilizaran grapas debidamente protegidas contra la corrosión, como método de unión debido a que, aun siendo un método menos eficaz que el de soldadura aluminotermica, supone un ahorro importante en el presupuesto.

#### ***16.1.1. Resistencia de tierra***

Para el cálculo de la resistencia de tierra usaremos:

$$R = \frac{\rho}{4 \cdot r} + \frac{\rho}{L}$$

Donde:

L = Longitud total de conductor enterrado

r = radio equivalente de la superficie de la subestación

$\rho$  = resistividad del terreno (200  $\Omega \cdot m$ )

A = 120m

B = 90m

$$S_m = A \cdot B = 120 \cdot 90 = 10800 m^2$$

$$S_c = \pi \cdot r^2 = 10800 \Rightarrow r = 58,63 m$$

$S_c$  = Superficie de la malla

$S_m$  = Superficie de la circunferencia



Siendo la distancia entre conductores de 6 metros y la resistividad del terreno  $200 \Omega \cdot m$  tenemos:

$$L = A \cdot \frac{B}{d} + B \cdot \frac{A}{d} = 120 \cdot \frac{90}{6} + 90 \cdot \frac{120}{6} = 3600m$$

$$R = \frac{\rho}{4 \cdot r} + \frac{\rho}{L} = \frac{200}{4 \cdot 58,63} + \frac{200}{3600} = 0,908 \Omega$$

Resistencia tierras =  $0,908 \Omega$

### **16.1.2. Resistencia de neutro**

Para el cálculo de la resistencia de neutro:

4 picas en hilera (distancia entre picas  $D=3m$ )

$$R_N = \rho \cdot \left[ 0,12 + \frac{0,072}{D} \right] = 100 \cdot \left[ 0,12 + \frac{0,072}{3} \right] = 14,4 \Omega$$

Resistencia neutro =  $14,4 \Omega$

Esta resistencia de neutro se utilizara para conectar el neutro del transformador de servicios auxiliares.

### **16.1.3. Tensiones de paso y contacto**

Toda instalación eléctrica deberá disponer de una protección o instalación de tierra diseñada de tal forma, en cualquier punto normalmente accesible del interior o exterior de la misma donde las personas puedan circular o permanecer, estas queden sometidas como máximo a las tensiones de paso y contacto (durante cualquier defecto de la instalación eléctrica o en la red unida a ella).

Se definirá el tiempo de disparo de los relés en 0,2 s.

- Máximas tensiones de paso y contacto admisibles en una instalación
  - Tensión de paso

$$V_p = \frac{10 \cdot K}{t^n} \cdot \left( 1 + \frac{6 \cdot \rho}{1000} \right) = \frac{10 \cdot 72}{0,2^1} \cdot \left( 1 + \frac{6 \cdot 200}{1000} \right) = 7920v$$

$$V_p = 7920v$$

- Tensión de contacto



$$V_p = \frac{K}{t^n} \cdot \left( 1 + \frac{1,5 \cdot \rho}{1000} \right) = \frac{72}{0,2^1} \cdot \left( 1 + \frac{1,5 \cdot 200}{1000} \right) = 468v$$

$$V_c = 468v$$

Una vez hecha la red de tierras y construida la subestación se deberá comprobar que los valores de las tensiones de paso y contacto no son superiores a los calculados, ya que son los máximos permitidos por el reglamento para la subestación que se está diseñando.

Debido a la posibilidad de que la tensión de contacto no cumpla con reglamento, se pone una capa de hormigón en el suelo, puesto que el hormigón tiene una resistividad mayor que la propia del terreno. Con ello elevamos la tensión de contacto y nos aseguramos el cumplimiento del reglamento.

$$\rho_s = 3000 \Omega \cdot m$$

$$V_p = \frac{K}{t^n} \cdot \left( 1 + \frac{1,5 \cdot \rho_s}{1000} \right) = \frac{72}{0,2^1} \cdot \left( 1 + \frac{1,5 \cdot 3000}{1000} \right) = 1980v$$

$$V_c = 1980v$$



## **16.2. CALCULO DE LOS HILOS DE GUARA**

Para el cálculo de los hilos de guarda usaremos:

$$H = \frac{4h + \sqrt{16 \cdot h^2 - 12 \cdot (h^2 - a^2)}}{6}$$

$$h = 5,3m + \frac{U_{maselevada}(kV)}{150}$$

$$h = 5,5m + 1,2 \frac{cm}{kV} \cdot U_{maselevada}(kV)$$

Siendo

H = distancia de conductores al suelo

a = distancia entre conductores (2\*a= 12m)

○ Nivel de 132 kv

$$h = 5,3 + \frac{145}{150} = 6,26m$$

$$h = 5,5 + 1,2 \frac{cm}{kV} \cdot 145 = 7,24m$$

\*Escojo la mayor: 7,24 m

○ Nivel de 15kv

$$h = 5,3 + \frac{17,5}{150} = 5,41m$$

$$h = 5,5 + 1,2 \frac{cm}{kV} \cdot 17,5 = 5,71m$$

\* Escojo la mayor: 5,71 m

Se toma como valor de h=7,24 m y se introduce en la expresión para el cálculo de la distancia de los hilos de guarda al suelo:

$$H = \frac{4 \cdot 7,24 + \sqrt{16 \cdot 7,24^2 - 12 \cdot (7,24^2 - 6^2)}}{6} = 9,04m$$

Comprobación de la altura:

$$H - h \geq 2 \cdot d$$

$$d = 0,1m + \frac{U_{maselevada}}{150} = 0,1 + \frac{145}{150} = 1,06m$$

$$H \geq h + 2 \cdot d = 7,24 + 2 \cdot 1,06 = 9,36m$$





Por lo tanto aumentaremos el valor de  $H = 9,36$  m.

Se toma un único valor de  $H$  para simplificar la estructura de la subestación y para ello elegimos la mas desfavorable que es  $H=9,36$ . Sin embargo, y para evitar colocar hilos de guarda en lugares en los que no hay aparamenta, y a su vez, siga cumpliendo la exigencias del reglamento, fijaremos este valor sobredimensionando el mas desfavorable en 10 metros de altura.

$H = 10$ m

### **16.3. AUTOVALVULAS**

Las autoválvulas que se han seleccionado para el diseño de la subestación son de óxidos metálicos.

- Nivel de 132 kv
  - $V_n = 132$  kv
  - $V_{mas\ elevada} = 145$  kv
  - Nivel de aislamiento = 650 kv
  - Neutro rígidamente a tierra

I.  $I_d = 10$  kA

$$II. \quad V_c = \frac{V_{maselevada} \cdot 0,81}{T_c} = \frac{145 \cdot 0,81}{1,22} = 97,87kV \Rightarrow 98kv$$

III. Margen de protección

- Tensión de maniobra: 248 kv
- Tensión máxima al frente de onda ( $1,2/50\mu s$ ):  $(302kv/1,15) = 262,6$  kv
- Tensión residual máxima ( $8/20\mu s - 10kA$ ): 299 kv

$$PM \left( \frac{NA}{NP} - 1 \right) \cdot 100 = \left( \frac{650}{299} - 1 \right) \cdot 100 = 117,39\% > 30\%$$

Como su valor es superior al 30% exigido por el reglamento esta autoválvula seria correcta.

- Nivel de 15 kv



- $V_n = 15 \text{ kv}$
- $V_{\text{mas elevada}} = 17,5 \text{ kv}$
- Nivel de aislamiento = 95 kv
- Neutro aislado

I.  $I_d = 10 \text{ kA}$

II.  $V_c = \frac{V_{\text{maselevada}}}{T_c} = \frac{17,5}{1,22} = 14,34 \text{ kV} \Rightarrow 15 \text{ kv}$

III. Margen de protección

- Tensión de maniobra: 28,3 kv
- Tensión máxima al frente de onda (1,2/50μs): (36,08kv/1,15) = 31,37 kv
- Tensión residual máxima (8/20μs – 10kA): 36,4 kv

$$PM \left( \frac{NA}{NP} - 1 \right) \cdot 100 = \left( \frac{95}{36,4} - 1 \right) \cdot 100 = 160,98\% > 30\%$$

Como su valor es superior al 30% exigido por el reglamento esta autoválvula sería correcta.



## **16.4. INTENSIDAD DE LAS LINEAS**

- Nivel de 132 kV

$$S_{\text{prevista}} = 50 \text{ MVA}$$

La potencia máxima que podría circular por una línea de entrada serán 50 MVA, puesto que tenemos 2 transformadores de 25 MVA cada uno. El caso más desfavorable será cuando toda la potencia entre por una sola línea.

$$I_{132} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V_{\text{linea}}} = \frac{50 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \cdot 132 \text{ kv}} = 218,693 \text{ A}$$

- Nivel de 15 kV

$$S_{\text{prevista}} = 50 \text{ MVA}$$

Al haber 8 salidas, fijamos una potencia máxima por una salida de 10 MVA.

$$I_{132} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V_{\text{linea}}} = \frac{10 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \cdot 15 \text{ kv}} = 384,9 \text{ A}$$

## **16.5. SECCIONES DE CABLE**

Para calcular las secciones de cable necesarias en la subestación, es necesario recordar los cálculos anteriores de las corrientes en los distintos niveles de tensión:

- Nivel de 132 kv

$$I_{132} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V_{\text{linea}}} = \frac{50 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \cdot 132 \text{ kv}} = 218,693 \text{ A}$$

Según el artículo 22 del R.A.T. se tiene que:



Sección Nominal (mm <sup>2</sup> )	Densidad de Corriente (A/mm <sup>2</sup> )	Corriente Máxima (A)
	Aluminio	
250	2,3	575
300	2,15	645
400	1,95	780

Por lo tanto, se elige para ambos niveles de tensión, un cable de 250 mm<sup>2</sup> de sección. El cable comercial es denominado LA 280 HAWK o también llamado 242-AL/39-ST1A, que tiene las siguientes características:

- Sección (mm<sup>2</sup>):
  - Aluminio: 241,7
  - Acero: 39,4
  - Total: 281,7
- Equivalencia en cobre (mm<sup>2</sup>): 152
- Diámetro (mm):
  - Alma: 8,04
  - Total: 21,8
- Carga de rotura (kg): 8620
- Peso (kg/km):
  - Aluminio: 667
  - Acero: 310
  - Total: 977
- Resistencia eléctrica a 20°C (Ω/km): 0,1194
- Peso (kg/km): 977
- Módulo de elasticidad (kg/mm<sup>2</sup>): 7700
- Coeficiente de dilatación lineal (mm x 10<sup>-6</sup>): 18,9
- Intensidad admisible reglamentaria (A): 605
- Tensión máxima normal (T<sub>nm</sub>): 2500
- Tensión máxima reducida (T<sub>mr</sub>): 2100

Para el cable de media tensión, calculamos la intensidad a la salida de uno de los dos transformadores:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{25000 \text{ kW}}{\sqrt{3} \cdot 15 \text{ kV}} = 962,25 \text{ A}; \text{ suponiendo f.d.p. igual a la unidad}$$

Puesto que no se pueden emplear secciones de cable con excesivo diámetro puesto que dificulta el manejo de los cables al ponerlos en posición curva, elijo un cable de diámetro 400 mm<sup>2</sup> de cobre. El cable de cobre de 400 mm<sup>2</sup> soporta una intensidad de 685 A.



## **16.6. BATERIA DE CONDENSADORES**

Suponiendo un factor de potencia de 0,75 en la subestación, se procede a calcular la batería de condensadores necesaria para corregir dicho factor de potencia hasta 0,95.

Condiciones iniciales:

Si

- $S = 25\text{MVA}$  ,  $\text{Cos}\varphi = 0,75$

Entonces

- $P = S \cdot \text{Cos}\varphi = 25 \cdot 0,75 = 18,75 \text{ MW}$
- $Q = S \cdot \text{Sen}\varphi = 25 \cdot 0,66 = 13,2 \text{ MVar}$

Condiciones finales:

Si

- $S = 40\text{MVA}$  ,  $\text{Cos}\varphi = 0,95$

Entonces

- $P' = S \cdot \text{Cos}\varphi = 25 \cdot 0,95 = 23,75\text{MW}$
- $Q' = S \cdot \text{Sen}\varphi = 25 \cdot 0,31 = 7,75 \text{ MVar}$

Con estos datos ya es posible determinar la batería de condensadores necesaria:

$$\text{Batería} = Q - Q' = 13,2 - 7,75 = 5,45 \text{ MVar}$$

Serán necesarias dos baterías de condensadores que sea capaz de proporcionar a la subestación 5,5 MVar cada una.



## **16.7. BATERIA DE CORRIENTE CONTINUA**

Para el cálculo de la batería de corriente continua, es necesario saber cuantos relés y cuantos motores hay a lo largo de la instalación:

Relés: 56

Disyuntores motorizados: 15

Seccionadores: 52

\*Todos los dispositivos funcionan a 110 voltios\*

Calculo de la intensidad de la batería:

### 1. Relés

$$P_{\text{rele}} = 10\text{VA}, N^{\circ} \text{ relés} = 56$$

$$P_{\text{rele}} = 10 \cdot 56 = 560\text{VA} \Rightarrow I = \frac{560}{110} = 5,09\text{A}$$

La autonomía de los relés se considera de 10 horas:

$$I_{\text{rele}} = 5,09 \cdot 10 = 50,9\text{ Ah}$$

### 2. Motores disyuntor y seccionador

$$P_{\text{motor}} = 230\text{W}, N^{\circ} \text{ motores} = 18 + 39 = 57$$

$$I = \frac{230 \cdot 57}{110} = 119,18\text{A} \quad (\text{Se considera } \cos\phi = 1)$$

Se considera que el muelle de los motores tarda 1 minuto en cargarse y permite la realización de 4 maniobras:

$$T_{\text{carga motores}} = 57 \cdot 1 \text{ min} \cdot \frac{1\text{h}}{60 \text{ min}} \cdot 4 \text{ maniobras} = 3,8 \text{ horas}$$

$$I_{\text{motores}} = 119,18 \cdot 3,8 \text{ horas} = 452,884\text{Ah}$$

La batería necesaria para la subestación debe cumplir la siguiente especificación:

$$I_{\text{bateria}} = I_{\text{reles}} + I_{\text{motores}} = 50,9 + 452,884 = 503,78\text{Ah}$$

Según catalogo, el modelo recomendado para la subestación es:



Casa: BP Solar

Modelo: Baterías Fulmen PowerBlock, s550

I = 540 Ah

R = 0,83 mΩ

Peso = 27 Kg.

Medidas = 206 x 103 x 519 mm

## **16.8. ELECCION DE LA CADENA DE AISLADORES**

- Nivel de 132 kv

- $V_n = 132 \text{ kv}$
- $V_{\text{mas elevada}} = 145 \text{ kv}$
- $V_{\text{rayo}} = 650 \text{ kv}$
- $V_{\text{f.i.}} = 275 \text{ kv}$

Aislador: Diámetro \* Paso = 255 \* 146 mm

$$D = 0,1 + \frac{V_{\text{max}}}{150} = 0,1 + \frac{145}{150} = 1,066m$$

$$N^{\circ}_{\text{aisladores}} = \frac{D}{P} = \frac{1,066}{0,146} = 7,3 \Rightarrow 8$$

Cadena de 8 aisladores

- Nivel de 15 kv

- $V_n = 15 \text{ kV}$
- $V_{\text{mas elevada}} = 17,5 \text{ kV}$
- $V_{\text{rayo}} = 210 \text{ kV}$
- $V_{\text{f.i.}} = 115 \text{ kV}$

Aislador: Diámetro \* Paso = 255 \* 146 mm

$$D = 0,1 + \frac{V_{\text{max}}}{150} = 0,1 + \frac{17,5}{150} = 0,216m$$

$$N^{\circ}_{\text{aisladores}} = \frac{D}{P} = \frac{0,216}{0,146} = 1,47 \Rightarrow 2 + 1 = 3$$



Cadena de 3 aisladores

Según el RD 263/2008 “Protección de avifauna en Líneas Eléctricas de Alta Tensión” cuando exista peligro para cualquier ave de una descarga eléctrica se debe colocar un aislamiento del cable como extensión de los aisladores.

Se colocara esta “macarrón” aislante en 15 kV, ya que el número aisladores es peligroso para la avifauna.

### **16.9. NIVEL DE AISLAMIENTO**

El nivel de aislamiento se obtiene de la tabla “Características eléctricas de las cadenas”, buscando el valor de C (en kV).

- Nivel de 132 kv

Diámetro \* Paso = 255 \* 146 mm

Nº de aisladores: 8

Se obtiene a partir de estos datos que C = 680 kV.

Según el reglamento la tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo para la tensión de 132 kV es de 650 kV como mínimo (y la tensión soportada nominal de corta duración a frecuencia industrial es 275 kV), por lo que, el nivel de aislamiento calculado anteriormente si es valido.

- Nivel de 15 kv

Diámetro \* Paso = 255 \* 146 mm

Nº de aisladores: 3

Se obtiene a partir de estos datos que C = 220 kV.

Según el reglamento la tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo para la tensión de 15 kV es de 125 kV como mínimo (y la tensión soportada nominal de corta duración a frecuencia industrial es 50 kV), por lo que, el nivel de aislamiento calculado anteriormente si es valido.





## **16.10. SOPORTE MECANICO**

- Aislador de paso 146 mm → Tensión máxima de rotura = 12000 Kg.
- Coeficiente de seguridad = 3 (mínimo)
- Tensión de rotura del cable HAWK = 8620 Kg.

$$C_{seguridad} = \frac{T_{ruptura}}{T_{max cable}}$$

$$T_{max cable} = \frac{T_{ruptura}}{C_{seguridad}} = \frac{8620}{3} = 2873,33kg$$

$$C_{seguridad} = \frac{T_{ruptura}}{T_{max cable}} = \frac{15000}{2873,33} = 4,176 > 3$$

Puesto que el coeficiente de seguridad es mayor que 3 (impuesto por el reglamento), se cumplen las medidas de seguridad.

## **16.11. DISTANCIAS DE SEGURIDAD**

- Nivel de 132 kV

La tensión más elevada según reglamento es de 145 kV.

Según la instrucción técnica complementaria MIE-RAT 14, para un nivel de tensión de 132 kv, d = 110cm.

- Distancia de valla exterior a aparatos con tensión:

$$G = 150cm + d = 150 + 110 = 260cm$$

Se toma G = 3m

- Distancia de la valla interior a aparatos con tensión

$$C = 10cm + d = 110 + 10 = 120cm$$

Se toma C = 1,5m

- Distancia de bornes con tensión al suelo

$$H = 250cm + d = 250 + 110 = 360 cm$$

Se toma H = 4m

- Distancia de cables de embarrado al suelo

$$H = 520cm + 1,2cm/kv * V(kv) = 520 + 1,2 * 145 = 694 cm$$



Se toma  $H = 7,5\text{m}$

- Distancia mínima entre fase y tierra

$V_n = 132\text{ kV} \rightarrow V_{\max} = 145\text{ kV} \rightarrow V_{\text{rayo}}(1,2/50\mu\text{s}) = 650\text{ kV} \rightarrow D_{\min} 130\text{cm}$  (según ITC MIE-RAT 12).

Se toma  $D = 2\text{m}$

- Distancia mínima entre fases

$V_n = 132\text{ kV} \rightarrow V_{\max} = 145\text{ kV} \rightarrow V_{\text{rayo}}(1,2/50\mu\text{s}) = 650\text{ kV} \rightarrow D_{\min} 130\text{cm}$  (según ITC MIE-RAT 12).

Se toma  $D = 2\text{m}$

- Nivel de 15 kV

La tensión más elevada según reglamento es de 17,5 kV

Según la instrucción técnica complementaria MIE-RAT 14, para un nivel de tensión de 15 kV,  $d = 20\text{cm}$ .

- Distancia de valla exterior a aparatos con tensión:

$$G = 150\text{cm} + d = 150 + 20 = 170\text{cm}$$

Se toma  $G = 2\text{m}$

- Distancia de la valla interior a aparatos con tensión

$$C = 10\text{cm} + d = 20 + 10 = 30\text{cm}$$

Se toma  $C = 0,5\text{m}$

- Distancia de bornes con tensión al suelo

$$H = 250\text{cm} + d = 250 + 20 = 270\text{cm}$$

Se toma  $H = 3\text{m}$

- Distancia de cables de embarrado al suelo

$$H = 520\text{cm} + 1,2\text{cm/kV} \cdot V(\text{kV}) = 520 + 18 = 538\text{cm}$$

Se toma  $H = 6\text{m}$

- Distancia mínima entre fase y tierra

$V_n = 15\text{ kV} \rightarrow V_{\max} = 17,5\text{ kV} \rightarrow V_{\text{rayo}}(1,2/50\mu\text{s}) = 95\text{ kV} \rightarrow D_{\min} 16\text{cm}$  (según ITC MIE-RAT 12).

Se toma  $D = 0,5\text{m}$



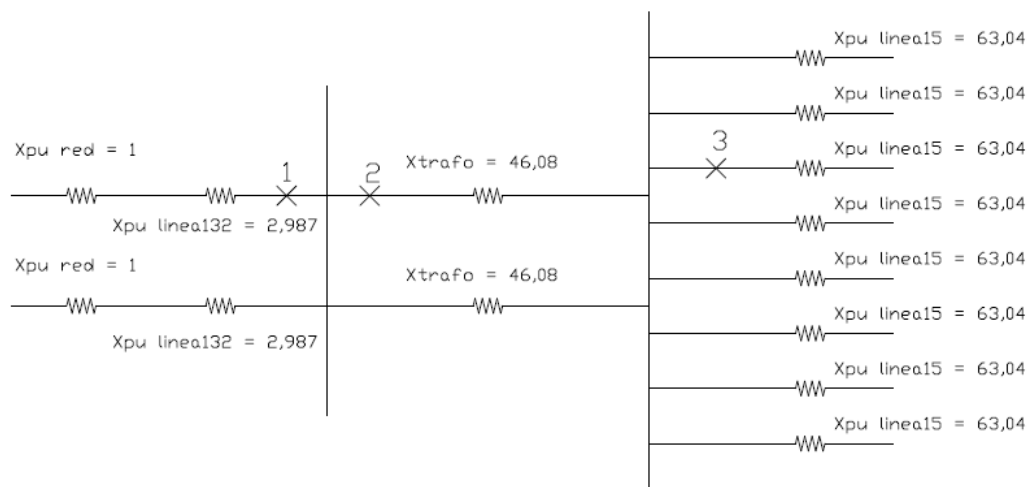
- Distancia mínima entre fases

$V_n = 15 \text{ kV} \rightarrow V_{\max} = 17,5 \text{ kV} \rightarrow V_{\text{rayo}}(1,2/50\mu\text{s}) = 95 \text{ kV} \rightarrow D_{\min} 16\text{cm}$  (según ITC MIE-RAT 12).

Se toma  $D = 0,5\text{m}$

### **16.12. INTENSIDADES Y POTENCIA DE CORTOCIRCUITO**

Para calcular las potencias e intensidades de cortocircuito, se han elegido 3 puntos que están marcados en el siguiente esquema de reactancias modelizado de la subestación:



Para realizar los cálculos, se han tenido en cuenta 10 km de distancia de la línea de 132 kV desde el punto de enganche y otros 10 km de distancias en las líneas de salida. Se ha omitido el circuito de 15 kV porque calculando estas corrientes quedan mas que protegidos los circuitos aguas abajo.

Según la compañía suministradora, en nuestro caso ERZ – ENDESA, la corriente de cortocircuito para 132 kV es 31,5 KA, por lo tanto fijamos la potencia base en 1200 MVA. La reactancia de la red, al coger la corriente de cortocircuito de la compañía será  $1 \Omega$ .

$$P_{base} = \sqrt{3} \cdot 132000 \cdot 31500 = 7200 \text{ MVA}$$

Se calculan las reactancias:

$$X_{p.u.-red} = \frac{100 \cdot P_{base}}{100 \cdot P_{corto-real}} = \frac{100 \cdot 7.200}{100 \cdot 7.200} = 1 \Omega$$



$$X_{p.u.-linea-132kv} = \frac{\Omega \cdot Longitud \cdot P_{base}}{1000 \cdot V_{kV}^2} = \frac{0,0723 \cdot 10 \cdot 7.200.000}{1000 \cdot 132^2} = 2,987 \Omega$$

$$X_{p.u.-linea-15kv} = \frac{\Omega \cdot Longitud \cdot P_{base}}{1000 \cdot V_{kV}^2} = \frac{0,197 \cdot 10 \cdot 7.200.000}{1000 \cdot 15^2} = 63,04 \Omega$$

$$X_{p.u.-trafo} = \frac{V_{cc\%} \cdot P_{base}}{100 \cdot P_{trafo}} = \frac{16 \cdot 7.200.000}{100 \cdot 25.000} = 46,08 \Omega$$

Ahora se calculan las intensidades de cortocircuito desde el lado izquierdo:

- Punto 1

$$X_{p.u.} = 3,987 \Omega$$

$$P_{cc} = \frac{P_{base}}{X_{p.u.}} = \frac{7.200.000}{3,987} = 1.805,869 kW$$

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{1.805,869}{\sqrt{3} \cdot 132.000} = 7,898 kA$$

- Punto 2

$$X_{p.u.} = 1,9935 \Omega$$

$$P_{cc} = \frac{P_{base}}{X_{p.u.}} = \frac{7.200.000}{1,9935} = 3.611,738 kW$$

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{3.611,738}{\sqrt{3} \cdot 132.000} = 15,79 kA$$

- Punto 3

$$X_{p.u.} = 25,033 \Omega$$

$$P_{cc} = \frac{P_{base}}{X_{p.u.}} = \frac{7.200.000}{25,033} = 287,620 kW$$

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{287,620}{\sqrt{3} \cdot 15.000} = 11,07 kA$$



Ahora se calculan las intensidades de cortocircuito desde el lado derecho:

- Punto 1

$$X_{p.u.} = 2,35 \, \Omega$$

$$P_{cc} = \frac{P_{base}}{X_{p.u.}} = \frac{7.200.000}{2,35} = 3.063,829 kW$$

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{3.063,829}{\sqrt{3} \cdot 132.000} = 13,40 kA$$

- Punto 2

$$X_{p.u.} = 53,76 \, \Omega$$

$$P_{cc} = \frac{P_{base}}{X_{p.u.}} = \frac{7.200.000}{53,76} = 133,928 kW$$

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{133,928}{\sqrt{3} \cdot 132.000} = 0,58 kA$$

- Punto 3

$$X_{p.u.} = 63,04 \, \Omega$$

$$P_{cc} = \frac{P_{base}}{X_{p.u.}} = \frac{7.200.000}{63,04} = 114,213 kW$$

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{114,213}{\sqrt{3} \cdot 15.000} = 4,39 kA$$

El resumen de las corrientes y potencias de cortocircuito se indica en la siguiente tabla:

	Lado izquierdo		Lado derecho	
	P <sub>cc</sub> (kVA)	I <sub>cc</sub> (KA)	P <sub>cc</sub> (kVA)	I <sub>cc</sub> (KA)
Punto 1	1805	7,89	3036	13,04
Punto 2	3611	15,79	133	0,58
Punto 3	287	11,07	114	4,39



## **16.13. SERVICIOS AUXILIARES**

### **16.13.1. Fórmulas**

Emplearemos las siguientes:

Sistema Trifásico

$$I = P_c / 1,732 \times U \times \cos\phi \times R = \text{amp (A)}$$

$$e = (L \times P_c / k \times U \times n \times S \times R) + (L \times P_c \times X_u \times \text{Sen}\phi / 1000 \times U \times n \times R \times \cos\phi) \\ = \text{voltios (V)}$$

Sistema Monofásico:

$$I = P_c / U \times \cos\phi \times R = \text{amp (A)}$$

$$e = (2 \times L \times P_c / k \times U \times n \times S \times R) + (2 \times L \times P_c \times X_u \times \text{Sen}\phi / 1000 \times U \times n \times R \times \cos\phi) \\ = \text{voltios (V)}$$

En donde:

$P_c$  = Potencia de Cálculo en Watios.

$L$  = Longitud de Cálculo en metros.

$e$  = Caída de tensión en Voltios.

$K$  = Conductividad.

$I$  = Intensidad en Amperios.

$U$  = Tensión de Servicio en Voltios (Trifásica ó Monofásica).

$S$  = Sección del conductor en mm<sup>2</sup>.

$\cos\phi$  = Coseno de  $\phi$ . Factor de potencia.

$R$  = Rendimiento. (Para líneas motor).

$n$  = N° de conductores por fase.

$X_u$  = Reactancia por unidad de longitud en mΩ/m.

#### **16.13.1.1. Fórmula Conductividad Eléctrica**

$$K = 1/\rho$$

$$\rho = \rho_{20}[1 + \alpha(T - 20)]$$

$$T = T_0 + [(T_{\max} - T_0)(I/I_{\max})^2]$$

Siendo,

$K$  = Conductividad del conductor a la temperatura  $T$ .

$\rho$  = Resistividad del conductor a la temperatura  $T$ .

$\rho_{20}$  = Resistividad del conductor a 20°C.

$$Cu = 0.018$$

$$Al = 0.029$$

$\alpha$  = Coeficiente de temperatura:

$$Cu = 0.00392$$

$$Al = 0.00403$$

$T$  = Temperatura del conductor (°C).

$T_0$  = Temperatura ambiente (°C):

Cables enterrados = 25°C

Cables al aire = 40°C

$T_{\max}$  = Temperatura máxima admisible del conductor (°C):



XLPE, EPR = 90°C

PVC = 70°C

I = Intensidad prevista por el conductor (A).

$I_{\max}$  = Intensidad máxima admisible del conductor (A).

### **16.13.2. Demanda de potencias**

A continuación vamos a exponer y detallar la demanda de potencias de fuerza motriz y de alumbrado.

Motor Ventilacion	3000 W
Alumbrado interior	648 W
Alumbrado exterior	1800 W
Tomas de corriente	3000 W
Bateria cc	20000 W
TOTAL....	28448 W

### **16.13.3. Cálculo de la Derivación Individual**

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 5 m; Cos  $\phi$ : 1;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0;
- Potencia a instalar: 28448 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47 y ITC-BT-44):  
 $3000 \times 1.25 + 18284.48 = 22034.48 \text{ W. (Coef. de Simult.: 0.7)}$

$$I = 22034.48 / 1.732 \times 400 \times 1 = 31.8 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x35+TTx16mm<sup>2</sup>Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: RZ1-K(AS) - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida -

I.ad. a 40°C (Fc=1) 131 A. según ITC-BT-19

D. tubo: 75mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 42.95

$$e(\text{parcial}) = 5 \times 22034.48 / 50.97 \times 400 \times 35 = 0.15 \text{ V.} = 0.04 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.04\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Aut./Tet. In.: 100 A. Térmico reg. Int.Reg.: 95 A.

### **16.13.4. Cálculo de la Línea: Motor Ventilacion**

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: B-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra



- Longitud: 20 m; Cos  $\phi$ : 1;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0; R: 1
- Potencia a instalar: 3000 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):  
 $3000 \times 1.25 = 3750$  W.

$$I = 3750 / 1,732 \times 400 \times 1 \times 1 = 5.41 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares  $4 \times 2.5 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$   
Aislamiento, Nivel Aislamiento: PVC, 450/750 V  
I.ad. a  $40^\circ\text{C}$  ( $F_c=1$ ) 18.5 A. según ITC-BT-19  
D. tubo: 20mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable ( $^\circ\text{C}$ ): 42.57

$$e(\text{parcial}) = 20 \times 3750 / 51.04 \times 400 \times 2.5 \times 1 = 1.47 \text{ V.} = 0.37 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.41\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 16 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 300 mA.

### **16.13.5. Cálculo de la Línea: Agrupacion**

- Tensión de servicio: 400 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 0.3 m; Cos  $\phi$ : 0.8;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0;
- Potencia a instalar: 25448 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):  
 $27406.4$  W. (Coef. de Simult.: 1 )

$$I = 27406.4 / 1,732 \times 400 \times 0.8 = 49.45 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares  $4 \times 35 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$   
Aislamiento, Nivel Aislamiento: PVC, 450/750 V  
I.ad. a  $40^\circ\text{C}$  ( $F_c=1$ ) 104 A. según ITC-BT-19

Caída de tensión:

Temperatura cable ( $^\circ\text{C}$ ): 46.78

$$e(\text{parcial}) = 0.3 \times 27406.4 / 50.28 \times 400 \times 35 = 0.01 \text{ V.} = 0 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.04\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Aut./Tet. In.: 100 A. Térmico reg. Int.Reg.: 95 A.

Protección diferencial:

Relé y Transfor. Diferencial Sens.: 30 mA.

### **16.13.6. Cálculo de la Línea: Alumbrado interior**

- Tensión de servicio: 230 V.





- Canalización: B-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 45 m; Cos  $\varphi$ : 1;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0;
- Potencia a instalar: 648 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):  
 $648 \times 1.8 = 1166.4$  W.

$$I = 1166.4 / 230 \times 1 = 5.07 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares  $2 \times 1.5 + TT \times 1.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$   
Aislamiento, Nivel Aislamiento: PVC, 450/750 V  
I.ad. a  $40^\circ\text{C}$  ( $F_c=1$ ) 15 A. según ITC-BT-19  
D. tubo: 16mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable ( $^\circ\text{C}$ ): 43.43

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 45 \times 1166.4 / 50.88 \times 230 \times 1.5 = 5.98 \text{ V.} = 2.6 \%$$

$$e(\text{total}) = 2.64\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

### **16.13.7. Cálculo de la Línea: Alumbrado exterior**

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 30 m; Cos  $\varphi$ : 1;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0;
- Potencia a instalar: 1800 W.
- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44):  
 $1800 \times 1.8 = 3240$  W.

$$I = 3240 / 230 \times 1 = 14.09 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares  $2 \times 2.5 + TT \times 2.5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$   
Aislamiento, Nivel Aislamiento: PVC, 450/750 V  
I.ad. a  $40^\circ\text{C}$  ( $F_c=1$ ) 21 A. según ITC-BT-19  
D. tubo: 20mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable ( $^\circ\text{C}$ ): 53.5

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 30 \times 3240 / 49.11 \times 230 \times 2.5 = 6.88 \text{ V.} = 2.99 \%$$

$$e(\text{total}) = 3.03\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

### **16.13.8. Cálculo de la Línea: Tomas de corriente**

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 30 m; Cos  $\varphi$ : 1;  $X_u(m\Omega/m)$ : 0;



- Potencia a instalar: 3000 W.
- Potencia de cálculo: 3000 W.

$$I = 3000 / 230 \times 1 = 13.04 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm<sup>2</sup>Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: PVC, 450/750 V

I.ad. a 40°C (Fc=1) 21 A. según ITC-BT-19

D. tubo: 20mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 51.57

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 30 \times 3000 / 49.44 \times 230 \times 2.5 = 6.33 \text{ V.} = 2.75 \%$$

$$e(\text{total}) = 2.79\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

### **16.13.9. Cálculo de la Línea: Bateria cc**

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: B-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra
- Longitud: 5 m; Cos  $\phi$ : 1; Xu(m $\Omega$ /m): 0;
- Potencia a instalar: 20000 W.
- Potencia de cálculo: 20000 W.

$$I = 20000 / 230 \times 1 = 86.96 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x35+TTx16mm<sup>2</sup>Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: PVC, 450/750 V

I.ad. a 40°C (Fc=1) 104 A. según ITC-BT-19

D. tubo: 40mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 60.97

$$e(\text{parcial}) = 2 \times 5 \times 20000 / 47.87 \times 230 \times 35 = 0.52 \text{ V.} = 0.23 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.27\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Aut./Bip. In.: 100 A. Térmico reg. Int.Reg.: 95 A.

Protección en corriente continua:

1. Protección en cabecera:

$$P_{\text{total}} = 150 + 410 + 13110 = 13670 \text{ W; suponiendo f.d.p.} = 1$$

$$P_{\text{total}} = 13670 \text{ W} \Rightarrow I = \frac{13670}{110} = 124,27 \text{ A}$$

Aplicando un factor de simultaneidad de 0,3:

$$I = 124,27 \cdot 0,3 = 37,281 \text{ A}$$

Protección térmica:



❖ Int. aut. corriente continua:  $I_n = 40 \text{ A}$

2. Relés de alta tensión:

$$P_{\text{rele}} = 10 \text{ VA}, N^{\circ} \text{ relés} = 15$$

$$P_{\text{rele}} = 10 \cdot 15 = 150 \text{ VA} \Rightarrow I = \frac{150}{110} = 1,36 \text{ A}$$

Protección térmica:

❖ Int. aut. corriente continua:  $I_n = 3 \text{ A}$

2. Relés de media tensión:

$$P_{\text{rele}} = 10 \text{ VA}, N^{\circ} \text{ relés} = 41$$

$$P_{\text{rele}} = 10 \cdot 41 = 410 \text{ VA} \Rightarrow I = \frac{410}{110} = 3,72 \text{ A}$$

Protección térmica:

❖ Int. aut. corriente continua:  $I_n = 6 \text{ A}$

3. Motores de disyuntores y seccionadores:

$$P_{\text{motor}} = 230 \text{ W}, N^{\circ} \text{ motores} = 57$$

$$P_{\text{motores}} = 230 \cdot 57 = 13110 \text{ W} \Rightarrow I = \frac{13110}{110} = 119,18 \text{ A}$$

Aplicando un factor de simultaneidad de 0,2:

$$I = 119,18 \cdot 0,2 = 23,83 \text{ A}$$

Protección térmica:

❖ Int. aut. corriente continua:  $I_n = 32 \text{ A}$



### 16.13.10. Resultados

Los resultados obtenidos se reflejan en las siguientes tablas:

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc (m)	Sección (mm <sup>2</sup> )	I.Cálculo (A)	I.Admi.. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)
DERIVACION IND.	22034.48	5	4x35+TTx16Cu	31.8	131	0.04	0.04
Motor Ventilación	3750	20	4x2.5+TTx2.5Cu	5.41	18.5	0.37	0.41
Agrupación	27406.4	0.3	4x35Cu	49.45	104	0	0.04
Alumbrado interior	1166.4	45	2x1.5+TTx1.5Cu	5.07	15	2.6	2.64
Alumbrado exterior	3240	30	2x2.5+TTx2.5Cu	14.09	21	2.99	3.03
Tomas de corriente	3000	30	2x2.5+TTx2.5Cu	13.04	21	2.75	2.79
Bateria cc	20000	5	2x35+TTx16Cu	86.96	104	0.23	0.27



## **17. CONCLUSIÓN**

Con el presente documento se da respuesta a la instalación planteada, quedando a su disposición para posibles cambios o modificaciones.

Fdo. Luis Ignacio Usón de Mingo

Zaragoza, 30 de agosto de 2010



## **ANEXO DE SEGURIDAD**

### **1. PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES.**

#### **1.1. INTRODUCCIÓN.**

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales tiene por objeto la determinación del cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

Como ley establece un marco legal a partir del cual las normas reglamentarias irán fijando y concretando los aspectos más técnicos de las medidas preventivas.

Estas normas complementarias quedan resumidas a continuación:

- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

#### **1.2. DERECHOS Y OBLIGACIONES.**

##### **1.2.1. Derecho a la protección frente a riesgos laborales.**

Los trabajadores tienen derecho a una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo.

A este efecto, el empresario realizará la prevención de los riesgos laborales mediante la adopción de cuantas medidas sean necesarias para la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, con las especialidades que se recogen en los artículos siguientes en materia de evaluación de riesgos, información, consulta, participación y formación de los trabajadores, actuación en casos de emergencia y de riesgo grave e inminente y vigilancia de la salud.



### **1.2.2. Principios de la acción preventiva.**

El empresario aplicará las medidas preventivas pertinentes, con arreglo a los siguientes principios generales:

- Evitar los riesgos.
- Evaluar los riesgos que no se pueden evitar.
- Combatir los riesgos en su origen.
- Adaptar el trabajo a la persona, en particular en lo que respecta a la concepción de los puestos de trabajo, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo.
- Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.
- Dar las debidas instrucciones a los trabajadores.
- Adoptar las medidas necesarias a fin de garantizar que sólo los trabajadores que hayan recibido información suficiente y adecuada puedan acceder a las zonas de riesgo grave y específico.
- Prever las distracciones o imprudencias no temerarias que pudiera cometer el trabajador.

### **1.2.3. Evaluación de los riesgos.**

La acción preventiva en la empresa se planificará por el empresario a partir de una evaluación inicial de los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores, que se realizará, con carácter general, teniendo en cuenta la naturaleza de la actividad, y en relación con aquellos que estén expuestos a riesgos especiales. Igual evaluación deberá hacerse con ocasión de la elección de los equipos de trabajo, de las sustancias o preparados químicos y del acondicionamiento de los lugares de trabajo.

De alguna manera se podrían clasificar las causas de los riesgos en las categorías siguientes:

- Insuficiente calificación profesional del personal dirigente, jefes de equipo y obreros.
- Empleo de maquinaria y equipos en trabajos que no corresponden a la finalidad para la que fueron concebidos o a sus posibilidades.
- Negligencia en el manejo y conservación de las máquinas e instalaciones. Control deficiente en la explotación.
- Insuficiente instrucción del personal en materia de seguridad.

Referente a las máquinas herramienta, los riesgos que pueden surgir al manejarlas se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Se puede producir un accidente o deterioro de una máquina si se pone en marcha sin conocer su modo de funcionamiento.
- La lubricación deficiente conduce a un desgaste prematuro por lo que los puntos de engrase manual deben ser engrasados regularmente.
- Puede haber ciertos riesgos si alguna palanca de la máquina no está en su posición correcta.
- El resultado de un trabajo puede ser poco exacto si las guías de las máquinas se desgastan, y por ello hay que protegerlas contra la introducción de virutas.



- Puede haber riesgos mecánicos que se deriven fundamentalmente de los diversos movimientos que realicen las distintas partes de una máquina y que pueden provocar que el operario:
  - Entre en contacto con alguna parte de la máquina o ser atrapado entre ella y cualquier estructura fija o material.
  - Sea golpeado o arrastrado por cualquier parte en movimiento de la máquina.
  - Ser golpeado por elementos de la máquina que resulten proyectados.
  - Ser golpeado por otros materiales proyectados por la máquina.
- Puede haber riesgos no mecánicos tales como los derivados de la utilización de energía eléctrica, productos químicos, generación de ruido, vibraciones, radiaciones, etc.

Los movimientos peligrosos de las máquinas se clasifican en cuatro grupos:

- Movimientos de rotación. Son aquellos movimientos sobre un eje con independencia de la inclinación del mismo y aún cuando giren lentamente. Se clasifican en los siguientes grupos:
  - Elementos considerados aisladamente tales como árboles de transmisión, vástagos, brocas, acoplamientos.
  - Puntos de atrapamiento entre engranajes y ejes girando y otras fijas o dotadas de desplazamiento lateral a ellas.
- Movimientos alternativos y de traslación. El punto peligroso se sitúa en el lugar donde la pieza dotada de este tipo de movimiento se aproxima a otra pieza fija o móvil y la sobrepasa.
- Movimientos de traslación y rotación. Las conexiones de bielas y vástagos con ruedas y volantes son algunos de los mecanismos que generalmente están dotadas de este tipo de movimientos.
- Movimientos de oscilación. Las piezas dotadas de movimientos de oscilación pendular generan puntos de "tijera" entre ellas y otras piezas fijas.

Las actividades de prevención deberán ser modificadas cuando se aprecie por el empresario, como consecuencia de los controles periódicos previstos en el apartado anterior, su inadecuación a los fines de protección requeridos.

#### **1.2.4. Equipos de trabajo y medios de protección.**

Cuando la utilización de un equipo de trabajo pueda presentar un riesgo específico para la seguridad y la salud de los trabajadores, el empresario adoptará las medidas necesarias con el fin de que:

- La utilización del equipo de trabajo quede reservada a los encargados de dicha utilización.
- Los trabajos de reparación, transformación, mantenimiento o conservación sean realizados por los trabajadores específicamente capacitados para ello.

El empresario deberá proporcionar a sus trabajadores equipos de protección individual adecuados para el desempeño de sus funciones y velar por el uso efectivo de los mismos.





### **1.2.5. Información, consulta y participación de los trabajadores.**

El empresario adoptará las medidas adecuadas para que los trabajadores reciban todas las informaciones necesarias en relación con:

- Los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo.
- Las medidas y actividades de protección y prevención aplicables a los riesgos.

Los trabajadores tendrán derecho a efectuar propuestas al empresario, así como a los órganos competentes en esta materia, dirigidas a la mejora de los niveles de la protección de la seguridad y la salud en los lugares de trabajo, en materia de señalización en dichos lugares, en cuanto a la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en las obras de construcción y en cuanto a utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

### **1.2.6. Formación de los trabajadores.**

El empresario deberá garantizar que cada trabajador reciba una formación teórica y práctica, suficiente y adecuada, en materia preventiva.

### **1.2.7. Medidas de emergencia.**

El empresario, teniendo en cuenta el tamaño y la actividad de la empresa, así como la posible presencia de personas ajenas a la misma, deberá analizar las posibles situaciones de emergencia y adoptar las medidas necesarias en materia de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de los trabajadores, designando para ello al personal encargado de poner en práctica estas medidas y comprobando periódicamente, en su caso, su correcto funcionamiento.

### **1.2.8. Riesgo grave e inminente.**

Cuando los trabajadores estén expuestos a un riesgo grave e inminente con ocasión de su trabajo, el empresario estará obligado a:

- Informar lo antes posible a todos los trabajadores afectados acerca de la existencia de dicho riesgo y de las medidas adoptadas en materia de protección.
- Dar las instrucciones necesarias para que, en caso de peligro grave, inminente e inevitable, los trabajadores puedan interrumpir su actividad y además estar en condiciones, habida cuenta de sus conocimientos y de los medios técnicos puestos a su disposición, de adoptar las medidas necesarias para evitar las consecuencias de dicho peligro.

### **1.2.9. Vigilancia de la salud.**

El empresario garantizará a los trabajadores a su servicio la vigilancia periódica de su estado de salud en función de los riesgos inherentes al trabajo, optando por la



realización de aquellos reconocimientos o pruebas que causen las menores molestias al trabajador y que sean proporcionales al riesgo.

#### **1.2.10. Documentación.**

El empresario deberá elaborar y conservar a disposición de la autoridad laboral la siguiente documentación:

- Evaluación de los riesgos para la seguridad y salud en el trabajo, y planificación de la acción preventiva.
- Medidas de protección y prevención a adoptar.
- Resultado de los controles periódicos de las condiciones de trabajo.
- Práctica de los controles del estado de salud de los trabajadores.
- Relación de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales que hayan causado al trabajador una incapacidad laboral superior a un día de trabajo.

#### **1.2.11. Coordinación de actividades empresariales.**

Cuando en un mismo centro de trabajo desarrollen actividades trabajadores de dos o más empresas, éstas deberán cooperar en la aplicación de la normativa sobre prevención de riesgos laborales.

#### **1.2.12. Protección de trabajadores especialmente sensibles a determinados riesgos.**

El empresario garantizará, evaluando los riesgos y adoptando las medidas preventivas necesarias, la protección de los trabajadores que, por sus propias características personales o estado biológico conocido, incluidos aquellos que tengan reconocida la situación de discapacidad física, psíquica o sensorial, sean específicamente sensibles a los riesgos derivados del trabajo.

#### **1.2.13. Protección contra la maternidad.**

La evaluación de los riesgos deberá comprender la determinación de la naturaleza, el grado y la duración de la exposición de las trabajadoras en situación de embarazo o parto reciente, a agentes, procedimientos o condiciones de trabajo que puedan influir negativamente en la salud de las trabajadoras o del feto, adoptando, en su caso, las medidas necesarias para evitar la exposición a dicho riesgo.

#### **1.2.14. Protección de los menores.**

Antes de la incorporación al trabajo de jóvenes menores de dieciocho años, y previamente a cualquier modificación importante de sus condiciones de trabajo, el empresario deberá efectuar una evaluación de los puestos de trabajo a desempeñar por los mismos, a fin de determinar la naturaleza, el grado y la duración de su exposición, teniendo especialmente en cuenta los riesgos derivados de su falta de experiencia, de su inmadurez para evaluar los riesgos existentes o potenciales y de su desarrollo todavía



incompleto.

### ***1.2.15. Relaciones de trabajo temporales, de duración determinada y en empresas de trabajo temporal.***

Los trabajadores con relaciones de trabajo temporales o de duración determinada, así como los contratados por empresas de trabajo temporal, deberán disfrutar del mismo nivel de protección en materia de seguridad y salud que los restantes trabajadores de la empresa en la que prestan sus servicios.

### ***1.2.16. Obligaciones de los trabajadores en materia de prevención de riesgos.***

Corresponde a cada trabajador velar, según sus posibilidades y mediante el cumplimiento de las medidas de prevención que en cada caso sean adoptadas, por su propia seguridad y salud en el trabajo y por la de aquellas otras personas a las que pueda afectar su actividad profesional, a causa de sus actos y omisiones en el trabajo, de conformidad con su formación y las instrucciones del empresario.

Los trabajadores, con arreglo a su formación y siguiendo las instrucciones del empresario, deberán en particular:

- Usar adecuadamente, de acuerdo con su naturaleza y los riesgos previsibles, las máquinas, aparatos, herramientas, sustancias peligrosas, equipos de transporte y, en general, cualesquiera otros medios con los que desarrollen su actividad.
- Utilizar correctamente los medios y equipos de protección facilitados por el empresario.
- No poner fuera de funcionamiento y utilizar correctamente los dispositivos de seguridad existentes.
- Informar de inmediato un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- Contribuir al cumplimiento de las obligaciones establecidas por la autoridad competente.

## ***1.3. SERVICIOS DE PREVENCIÓN.***

### ***1.3.1. Protección y prevención de riesgos profesionales.***

En cumplimiento del deber de prevención de riesgos profesionales, el empresario designará uno o varios trabajadores para ocuparse de dicha actividad, constituirá un servicio de prevención o concertará dicho servicio con una entidad especializada ajena a la empresa.

Los trabajadores designados deberán tener la capacidad necesaria, disponer del tiempo y de los medios precisos y ser suficientes en número, teniendo en cuenta el tamaño de la empresa, así como los riesgos a que están expuestos los trabajadores.

En las empresas de menos de seis trabajadores, el empresario podrá asumir



personalmente las funciones señaladas anteriormente, siempre que desarrolle de forma habitual su actividad en el centro de trabajo y tenga capacidad necesaria.

El empresario que no hubiere concertado el Servicio de Prevención con una entidad especializada ajena a la empresa deberá someter su sistema de prevención al control de una auditoría o evaluación externa.

### **1.3.2. Servicios de prevención.**

Si la designación de uno o varios trabajadores fuera insuficiente para la realización de las actividades de prevención, en función del tamaño de la empresa, de los riesgos a que están expuestos los trabajadores o de la peligrosidad de las actividades desarrolladas, el empresario deberá recurrir a uno o varios servicios de prevención propios o ajenos a la empresa, que colaborarán cuando sea necesario.

Se entenderá como servicio de prevención el conjunto de medios humanos y materiales necesarios para realizar las actividades preventivas a fin de garantizar la adecuada protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, asesorando y asistiendo para ello al empresario, a los trabajadores y a sus representantes y a los órganos de representación especializados.

## **1.4. CONSULTA Y PARTICIPACION DE LOS TRABAJADORES.**

### **1.4.1. Consulta de los trabajadores.**

El empresario deberá consultar a los trabajadores, con la debida antelación, la adopción de las decisiones relativas a:

- La planificación y la organización del trabajo en la empresa y la introducción de nuevas tecnologías, en todo lo relacionado con las consecuencias que éstas pudieran tener para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- La organización y desarrollo de las actividades de protección de la salud y prevención de los riesgos profesionales en la empresa, incluida la designación de los trabajadores encargados de dichas actividades o el recurso a un servicio de prevención externo.
- La designación de los trabajadores encargados de las medidas de emergencia.
- El proyecto y la organización de la formación en materia preventiva.

### **1.4.2. Derechos de participación y representación.**

Los trabajadores tienen derecho a participar en la empresa en las cuestiones relacionadas con la prevención de riesgos en el trabajo.

En las empresas o centros de trabajo que cuenten con seis o más trabajadores, la participación de éstos se canalizará a través de sus representantes y de la representación especializada.



### **1.4.3. Delegados de prevención.**

Los Delegados de Prevención son los representantes de los trabajadores con funciones específicas en materia de prevención de riesgos en el trabajo. Serán designados por y entre los representantes del personal, con arreglo a la siguiente escala:

- De 50 a 100 trabajadores: 2 Delegados de Prevención.
- De 101 a 500 trabajadores: 3 Delegados de Prevención.
- De 501 a 1000 trabajadores: 4 Delegados de Prevención.
- De 1001 a 2000 trabajadores: 5 Delegados de Prevención.
- De 2001 a 3000 trabajadores: 6 Delegados de Prevención.
- De 3001 a 4000 trabajadores: 7 Delegados de Prevención.
- De 4001 en adelante: 8 Delegados de Prevención.

En las empresas de hasta treinta trabajadores el Delegado de Prevención será el Delegado de Personal. En las empresas de treinta y uno a cuarenta y nueve trabajadores habrá un Delegado de Prevención que será elegido por y entre los Delegados de Personal.

## **2. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LOS LUGARES DE TRABAJO.**

### **2.1. INTRODUCCION.**

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las normas reglamentarias las que fijarán y concretarán los aspectos más técnicos de las medidas preventivas, a través de normas mínimas que garanticen la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran necesariamente las destinadas a garantizar la seguridad y la salud en los lugares de trabajo, de manera que de su utilización no se deriven riesgos para los trabajadores.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto 486/1997 de 14 de Abril de 1.997 establece las disposiciones mínimas de seguridad y de salud aplicables a los lugares de trabajo, entendiendo como tales las áreas del centro de trabajo, edificadas o no, en las que los trabajadores deban permanecer o a las que puedan acceder en razón de su trabajo, sin incluir las obras de construcción temporales o móviles.

### **2.2. OBLIGACIONES DEL EMPRESARIO.**

El empresario deberá adoptar las medidas necesarias para que la utilización de los lugares de trabajo no origine riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores.



En cualquier caso, los lugares de trabajo deberán cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el presente Real Decreto en cuanto a sus condiciones constructivas, orden, limpieza y mantenimiento, señalización, instalaciones de servicio o protección, condiciones ambientales, iluminación, servicios higiénicos y locales de descanso, y material y locales de primeros auxilios.

### **2.2.1. Condiciones constructivas.**

El diseño y las características constructivas de los lugares de trabajo deberán ofrecer seguridad frente a los riesgos de resbalones o caídas, choques o golpes contra objetos y derrumbaciones o caídas de materiales sobre los trabajadores, para ello el pavimento constituirá un conjunto homogéneo, llano y liso sin solución de continuidad, de material consistente, no resbaladizo o susceptible de serlo con el uso y de fácil limpieza, las paredes serán lisas, guarnecidas o pintadas en tonos claros y susceptibles de ser lavadas y blanqueadas y los techos deberán resguardar a los trabajadores de las inclemencias del tiempo y ser lo suficientemente consistentes.

El diseño y las características constructivas de los lugares de trabajo deberán también facilitar el control de las situaciones de emergencia, en especial en caso de incendio, y posibilitar, cuando sea necesario, la rápida y segura evacuación de los trabajadores.

Todos los elementos estructurales o de servicio (cimentación, pilares, forjados, muros y escaleras) deberán tener la solidez y resistencia necesarias para soportar las cargas o esfuerzos a que sean sometidos.

Las dimensiones de los locales de trabajo deberán permitir que los trabajadores realicen su trabajo sin riesgos para su seguridad y salud y en condiciones ergonómicas aceptables, adoptando una superficie libre superior a 2 m<sup>2</sup> por trabajador, un volumen mayor a 10 m<sup>3</sup> por trabajador y una altura mínima desde el piso al techo de 2,50 m. Las zonas de los lugares de trabajo en las que exista riesgo de caída, de caída de objetos o de contacto o exposición a elementos agresivos, deberán estar claramente señalizadas.

El suelo deberá ser fijo, estable y no resbaladizo, sin irregularidades ni pendientes peligrosas. Las aberturas, desniveles y las escaleras se protegerán mediante barandillas de 90 cm de altura.

Los trabajadores deberán poder realizar de forma segura las operaciones de abertura, cierre, ajuste o fijación de ventanas, y en cualquier situación no supondrán un riesgo para éstos.

Las vías de circulación deberán poder utilizarse conforme a su uso previsto, de forma fácil y con total seguridad. La anchura mínima de las puertas exteriores y de los pasillos será de 100 cm.

Las puertas transparentes deberán tener una señalización a la altura de la vista y deberán estar protegidas contra la rotura.

Las puertas de acceso a las escaleras no se abrirán directamente sobre sus escalones,



sino sobre descansos de anchura al menos igual a la de aquellos.

Los pavimentos de las rampas y escaleras serán de materiales no resbaladizos y caso de ser perforados la abertura máxima de los intersticios será de 8 mm. La pendiente de las rampas variará entre un 8 y 12 %. La anchura mínima será de 55 cm para las escaleras de servicio y de 1 m. para las de uso general.

Caso de utilizar escaleras de mano, éstas tendrán la resistencia y los elementos de apoyo y sujeción necesarios para que su utilización en las condiciones requeridas no suponga un riesgo de caída, por rotura o desplazamiento de las mismas. En cualquier caso, no se emplearán escaleras de más de 5 m de altura, se colocarán formando un ángulo aproximado de 75° con la horizontal, sus largueros deberán prolongarse al menos 1 m sobre la zona a acceder, el ascenso, descenso y los trabajos desde escaleras se efectuarán frente a las mismas, los trabajos a más de 3,5 m de altura, desde el punto de operación al suelo, que requieran movimientos o esfuerzos peligrosos para la estabilidad del trabajador, sólo se efectuarán si se utiliza cinturón de seguridad y no serán utilizadas por dos o más personas simultáneamente.

Las vías y salidas de evacuación deberán permanecer expeditas y desembocarán en el exterior. El número, la distribución y las dimensiones de las vías deberán estar dimensionadas para poder evacuar todos los lugares de trabajo rápidamente, dotando de alumbrado de emergencia aquellas que lo requieran.

La instalación eléctrica no deberá entrañar riesgos de incendio o explosión, para ello se dimensionarán todos los circuitos considerando las sobreintensidades previsibles y se dotará a los conductores y resto de aparamenta eléctrica de un nivel de aislamiento adecuado.

Para evitar el contacto eléctrico directo se utilizará el sistema de separación por distancia o alejamiento de las partes activas hasta una zona no accesible por el trabajador, interposición de obstáculos y/o barreras (armarios para cuadros eléctricos, tapas para interruptores, etc.) y recubrimiento o aislamiento de las partes activas.

Para evitar el contacto eléctrico indirecto se utilizará el sistema de puesta a tierra de las masas (conductores de protección conectados a las carcassas de los receptores eléctricos, líneas de enlace con tierra y electrodos artificiales) y dispositivos de corte por intensidad de defecto (interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada al tipo de local, características del terreno y constitución de los electrodos artificiales).

### **2.2.2. Orden, limpieza y mantenimiento. Señalización.**

Las zonas de paso, salidas y vías de circulación de los lugares de trabajo y, en especial, las salidas y vías de circulación previstas para la evacuación en casos de emergencia, deberán permanecer libres de obstáculos.

Las características de los suelos, techos y paredes serán tales que permitan dicha limpieza y mantenimiento. Se eliminarán con rapidez los desperdicios, las manchas de grasa, los residuos de sustancias peligrosas y demás productos residuales que puedan originar accidentes o contaminar el ambiente de trabajo.





Los lugares de trabajo y, en particular, sus instalaciones, deberán ser objeto de un mantenimiento periódico.

### **2.2.3. Condiciones ambientales**

La exposición a las condiciones ambientales de los lugares de trabajo no debe suponer un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.

En los locales de trabajo cerrados deberán cumplirse las condiciones siguientes:

- La temperatura de los locales donde se realicen trabajos sedentarios propios de oficinas o similares estará comprendida entre 17 y 27 °C. En los locales donde se realicen trabajos ligeros estará comprendida entre 14 y 25 °C.
- La humedad relativa estará comprendida entre el 30 y el 70 por 100, excepto en los locales donde existan riesgos por electricidad estática en los que el límite inferior será el 50 por 100.
- Los trabajadores no deberán estar expuestos de forma frecuente o continuada a corrientes de aire cuya velocidad exceda los siguientes límites:
  - Trabajos en ambientes no calurosos: 0,25 m/s.
  - Trabajos sedentarios en ambientes calurosos: 0,5 m/s.
  - Trabajos no sedentarios en ambientes calurosos: 0,75 m/s.
- La renovación mínima del aire de los locales de trabajo será de 30 m<sup>3</sup> de aire limpio por hora y trabajador en el caso de trabajos sedentarios en ambientes no calurosos ni contaminados por humo de tabaco y 50 m<sup>3</sup> en los casos restantes.
- Se evitarán los olores desagradables.

### **2.2.4. Iluminación.**

La iluminación será natural con puertas y ventanas acristaladas, complementándose con iluminación artificial en las horas de visibilidad deficiente. Los puestos de trabajo llevarán además puntos de luz individuales, con el fin de obtener una visibilidad notable. Los niveles de iluminación mínimos establecidos (lux) son los siguientes:

- Areas o locales de uso ocasional: 50 lux
- Areas o locales de uso habitual: 100 lux
- Vías de circulación de uso ocasional: 25 lux.
- Vías de circulación de uso habitual: 50 lux.
- Zonas de trabajo con bajas exigencias visuales: 100 lux.
- Zonas de trabajo con exigencias visuales moderadas: 200 lux.
- Zonas de trabajo con exigencias visuales altas: 500 lux.
- Zonas de trabajo con exigencias visuales muy altas: 1000 lux.

La iluminación anteriormente especificada deberá poseer una uniformidad adecuada, mediante la distribución uniforme de luminarias, evitándose los deslumbramientos directos por equipos de alta luminancia.

Se instalará además el correspondiente alumbrado de emergencia y señalización con el fin de poder iluminar las vías de evacuación en caso de fallo del alumbrado general.





### **2.2.5. Servicios higiénicos y locales de descanso.**

En el local se dispondrá de agua potable en cantidad suficiente y fácilmente accesible por los trabajadores.

Se dispondrán vestuarios cuando los trabajadores deban llevar ropa especial de trabajo, provistos de asientos y de armarios o taquillas individuales con llave, con una capacidad suficiente para guardar la ropa y el calzado. Si los vestuarios no fuesen necesarios, se dispondrán colgadores o armarios para colocar la ropa.

Existirán aseos con espejos, retretes con descarga automática de agua y papel higiénico y lavabos con agua corriente, caliente si es necesario, jabón y toallas individuales u otros sistema de secado con garantías higiénicas. Dispondrán además de duchas de agua corriente, caliente y fría, cuando se realicen habitualmente trabajos sucios, contaminantes o que originen elevada sudoración. Llevarán alicatados los paramentos hasta una altura de 2 m. del suelo, con baldosín cerámico esmaltado de color blanco. El solado será continuo e impermeable, formado por losas de gres rugoso antideslizante.

Si el trabajo se interrumpiera regularmente, se dispondrán espacios donde los trabajadores puedan permanecer durante esas interrupciones, diferenciándose espacios para fumadores y no fumadores.

### **2.2.6. Material y locales de primeros auxilios.**

El lugar de trabajo dispondrá de material para primeros auxilios en caso de accidente, que deberá ser adecuado, en cuanto a su cantidad y características, al número de trabajadores y a los riesgos a que estén expuestos.

Como mínimo se dispondrá, en lugar reservado y a la vez de fácil acceso, de un botiquín portátil, que contendrá en todo momento, agua oxigenada, alcohol de 96, tintura de yodo, mercurocromo, gasas estériles, algodón hidrófilo, bolsa de agua, torniquete, guantes esterilizados y desechables, jeringuillas, hervidor, agujas, termómetro clínico, gasas, esparadrapo, apósitos adhesivos, tijeras, pinzas, antiespasmódicos, analgésicos y vendas.

## **3. DISPOSICIONES MINIMAS EN MATERIA DE SEÑALIZACION DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.**

### **3.1. INTRODUCCION.**

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores



frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las normas reglamentarias las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran las destinadas a garantizar que en los lugares de trabajo exista una adecuada señalización de seguridad y salud, siempre que los riesgos no puedan evitarse o limitarse suficientemente a través de medios técnicos de protección colectiva.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto 485/1997 de 14 de Abril de 1.997 establece las disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y de salud en el trabajo, entendiendo como tales aquellas señalizaciones que referidas a un objeto, actividad o situación determinada, proporcionen una indicación o una obligación relativa a la seguridad o la salud en el trabajo mediante una señal en forma de panel, un color, una señal luminosa o acústica, una comunicación verbal o una señal gestual.

### **3.2. OBLIGACION GENERAL DEL EMPRESARIO.**

La elección del tipo de señal y del número y emplazamiento de las señales o dispositivos de señalización a utilizar en cada caso se realizará de forma que la señalización resulte lo más eficaz posible, teniendo en cuenta:

- Las características de la señal.
- Los riesgos, elementos o circunstancias que hayan de señalizarse.
- La extensión de la zona a cubrir.
- El número de trabajadores afectados.

Para la señalización de desniveles, obstáculos u otros elementos que originen riesgo de caída de personas, choques o golpes, así como para la señalización de riesgo eléctrico, presencia de materias inflamables, tóxicas, corrosivas o riesgo biológico, podrá optarse por una señal de advertencia de forma triangular, con un pictograma característico de color negro sobre fondo amarillo y bordes negros.

Las vías de circulación de vehículos deberán estar delimitadas con claridad mediante franjas continuas de color blanco o amarillo.

Los equipos de protección contra incendios deberán ser de color rojo.

La señalización para la localización e identificación de las vías de evacuación y de los equipos de salvamento o socorro (botiquín portátil) se realizará mediante una señal de forma cuadrada o rectangular, con un pictograma característico de color blanco sobre fondo verde.

La señalización dirigida a alertar a los trabajadores o a terceros de la aparición de una situación de peligro y de la consiguiente y urgente necesidad de actuar de una forma determinada o de evacuar la zona de peligro, se realizará mediante una señal luminosa, una señal acústica o una comunicación verbal.

Los medios y dispositivos de señalización deberán ser limpiados, mantenidos y verificados regularmente.



## **4. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA UTILIZACION POR LOS TRABAJADORES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO.**

### **4.1. INTRODUCCION.**

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las normas reglamentarias las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran las destinadas a garantizar que de la presencia o utilización de los equipos de trabajo puestos a disposición de los trabajadores en la empresa o centro de trabajo no se deriven riesgos para la seguridad o salud de los mismos.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto 1215/1997 de 18 de Julio de 1.997 establece las disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, entendiendo como tales cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación utilizado en el trabajo.

### **4.2. OBLIGACION GENERAL DEL EMPRESARIO.**

El empresario adoptará las medidas necesarias para que los equipos de trabajo que se pongan a disposición de los trabajadores sean adecuados al trabajo que deba realizarse y convenientemente adaptados al mismo, de forma que garanticen la seguridad y la salud de los trabajadores al utilizar dichos equipos.

Deberá utilizar únicamente equipos que satisfagan cualquier disposición legal o reglamentaria que les sea de aplicación.

Para la elección de los equipos de trabajo el empresario deberá tener en cuenta los siguientes factores:

- Las condiciones y características específicas del trabajo a desarrollar.
- Los riesgos existentes para la seguridad y salud de los trabajadores en el lugar de trabajo.
- En su caso, las adaptaciones necesarias para su utilización por trabajadores discapacitados.

Adoptará las medidas necesarias para que, mediante un mantenimiento adecuado, los equipos de trabajo se conserven durante todo el tiempo de utilización en unas condiciones adecuadas. Todas las operaciones de mantenimiento, ajuste, desbloqueo, revisión o reparación de los equipos de trabajo se realizará tras haber parado o



desconectado el equipo. Estas operaciones deberán ser encomendadas al personal especialmente capacitado para ello.

El empresario deberá garantizar que los trabajadores reciban una formación e información adecuadas a los riesgos derivados de los equipos de trabajo. La información, suministrada preferentemente por escrito, deberá contener, como mínimo, las indicaciones relativas a:

- Las condiciones y forma correcta de utilización de los equipos de trabajo, teniendo en cuenta las instrucciones del fabricante, así como las situaciones o formas de utilización anormales y peligrosas que puedan preverse.
- Las conclusiones que, en su caso, se puedan obtener de la experiencia adquirida en la utilización de los equipos de trabajo.

#### **4.2.1. Disposiciones mínimas generales aplicables a los equipos de trabajo.**

Los órganos de accionamiento de un equipo de trabajo que tengan alguna incidencia en la seguridad deberán ser claramente visibles e identificables y no deberán acarrear riesgos como consecuencia de una manipulación involuntaria.

Cada equipo de trabajo deberá estar provisto de un órgano de accionamiento que permita su parada total en condiciones de seguridad.

Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo de caída de objetos o de proyecciones deberá estar provisto de dispositivos de protección adecuados a dichos riesgos.

Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo por emanación de gases, vapores o líquidos o por emisión de polvo deberá estar provisto de dispositivos adecuados de captación o extracción cerca de la fuente emisora correspondiente.

Si fuera necesario para la seguridad o la salud de los trabajadores, los equipos de trabajo y sus elementos deberán estabilizarse por fijación o por otros medios.

Cuando los elementos móviles de un equipo de trabajo puedan entrañar riesgo de accidente por contacto mecánico, deberán ir equipados con resguardos o dispositivos que impidan el acceso a las zonas peligrosas.

Las zonas y puntos de trabajo o mantenimiento de un equipo de trabajo deberán estar adecuadamente iluminadas en función de las tareas que deban realizarse.

Las partes de un equipo de trabajo que alcancen temperaturas elevadas o muy bajas deberán estar protegidas cuando corresponda contra los riesgos de contacto o la proximidad de los trabajadores.

Todo equipo de trabajo deberá ser adecuado para proteger a los trabajadores expuestos contra el riesgo de contacto directo o indirecto de la electricidad y los que entrañen riesgo por ruido, vibraciones o radiaciones deberá disponer de las protecciones o dispositivos adecuados para limitar, en la medida de lo posible, la generación y



propagación de estos agentes físicos.

Las herramientas manuales deberán estar construidas con materiales resistentes y la unión entre sus elementos deberá ser firme, de manera que se eviten las roturas o proyecciones de los mismos.

La utilización de todos estos equipos no podrá realizarse en contradicción con las instrucciones facilitadas por el fabricante, comprobándose antes del iniciar la tarea que todas sus protecciones y condiciones de uso son las adecuadas.

Deberán tomarse las medidas necesarias para evitar el atrapamiento del cabello, ropas de trabajo u otros objetos del trabajador, evitando, en cualquier caso, someter a los equipos a sobrecargas, sobrepresiones, velocidades o tensiones excesivas.

#### **4.2.2. Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo móviles.**

Los equipos con trabajadores transportados deberán evitar el contacto de éstos con ruedas y orugas y el aprisionamiento por las mismas. Para ello dispondrán de una estructura de protección que impida que el equipo de trabajo incline más de un cuarto de vuelta o una estructura que garantice un espacio suficiente alrededor de los trabajadores transportados cuando el equipo pueda inclinarse más de un cuarto de vuelta. No se requerirán estas estructuras de protección cuando el equipo de trabajo se encuentre estabilizado durante su empleo.

Las carretillas elevadoras deberán estar acondicionadas mediante la instalación de una cabina para el conductor, una estructura que impida que la carretilla vuelque, una estructura que garantice que, en caso de vuelco, quede espacio suficiente para el trabajador entre el suelo y determinadas partes de dicha carretilla y una estructura que mantenga al trabajador sobre el asiento de conducción en buenas condiciones.

Los equipos de trabajo automotores deberán contar con dispositivos de frenado y parada, con dispositivos para garantizar una visibilidad adecuada y con una señalización acústica de advertencia. En cualquier caso, su conducción estará reservada a los trabajadores que hayan recibido una información específica.

#### **4.2.3. Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo para elevación de cargas.**

Deberán estar instalados firmemente, teniendo presente la carga que deban levantar y las tensiones inducidas en los puntos de suspensión o de fijación. En cualquier caso, los aparatos de izar estarán equipados con limitador del recorrido del carro y de los ganchos, los motores eléctricos estarán provistos de limitadores de altura y del peso, los ganchos de sujeción serán de acero con "pestillos de seguridad" y los carriles para desplazamiento estarán limitados a una distancia de 1 m de su término mediante topes de seguridad de final de carrera eléctricos.

Deberá figurar claramente la carga nominal.

Deberán instalarse de modo que se reduzca el riesgo de que la carga caiga en



picado, se suelte o se desvíe involuntariamente de forma peligrosa. En cualquier caso, se evitará la presencia de trabajadores bajo las cargas suspendidas. Caso de ir equipadas con cabinas para trabajadores deberá evitarse la caída de éstas, su aplastamiento o choque.

Los trabajos de izado, transporte y descenso de cargas suspendidas, quedarán interrumpidos bajo régimen de vientos superiores a los 60 km/h.

#### **4.2.4. Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo para movimiento de tierras y maquinaria pesada en general.**

Las máquinas para los movimientos de tierras estarán dotadas de faros de marcha hacia adelante y de retroceso, servofrenos, freno de mano, bocina automática de retroceso, retrovisores en ambos lados, pórtico de seguridad antivuelco y antiimpactos y un extintor.

Se prohíbe trabajar o permanecer dentro del radio de acción de la maquinaria de movimiento de tierras, para evitar los riesgos por atropello.

Durante el tiempo de parada de las máquinas se señalizará su entorno con "señales de peligro", para evitar los riesgos por fallo de frenos o por atropello durante la puesta en marcha.

Si se produjese contacto con líneas eléctricas el maquinista permanecerá inmóvil en su puesto y solicitará auxilio por medio de las bocinas. De ser posible el salto sin riesgo de contacto eléctrico, el maquinista saltará fuera de la máquina sin tocar, al unísono, la máquina y el terreno.

Antes del abandono de la cabina, el maquinista habrá dejado en reposo, en contacto con el pavimento (la cuchilla, cazo, etc.), puesto el freno de mano y parado el motor extrayendo la llave de contacto para evitar los riesgos por fallos del sistema hidráulico.

Las pasarelas y peldaños de acceso para conducción o mantenimiento permanecerán limpios de gravas, barro y aceite, para evitar los riesgos de caída.

Se prohíbe el transporte de personas sobre las máquinas para el movimiento de tierras, para evitar los riesgos de caídas o de atropellos.

Se instalarán topes de seguridad de fin de recorrido, ante la coronación de los cortes (taludes o terraplenes) a los que debe aproximarse la maquinaria empleada en el movimiento de tierras, para evitar los riesgos por caída de la máquina.

Se señalizarán los caminos de circulación interna mediante cuerda de banderolas y señales normalizadas de tráfico.

Se prohíbe el acopio de tierras a menos de 2 m. del borde de la excavación (como norma general).

No se debe fumar cuando se abastezca de combustible la máquina, pues podría



inflamarse. Al realizar dicha tarea el motor deberá permanecer parado.

Se prohíbe realizar trabajos en un radio de 10 m entorno a las máquinas de hincar, en prevención de golpes y atropellos.

Las cintas transportadoras estarán dotadas de pasillo lateral de visita de 60 cm de anchura y barandillas de protección de éste de 90 cm de altura. Estarán dotadas de encauzadores antidesprendimientos de objetos por rebose de materiales. Bajo las cintas, en todo su recorrido, se instalarán bandejas de recogida de objetos desprendidos.

Los compresores serán de los llamados "silenciosos" en la intención de disminuir el nivel de ruido. La zona dedicada para la ubicación del compresor quedará acordonada en un radio de 4 m. Las mangueras estarán en perfectas condiciones de uso, es decir, sin grietas ni desgastes que puedan producir un reventón.

Cada tajo con martillos neumáticos, estará trabajado por dos cuadrillas que se turnarán cada hora, en prevención de lesiones por permanencia continuada recibiendo vibraciones. Los pisones mecánicos se guiarán avanzando frontalmente, evitando los desplazamientos laterales. Para realizar estas tareas se utilizará faja elástica de protección de cintura, muñequeras bien ajustadas, botas de seguridad, cascos antirruído y una mascarilla con filtro mecánico recambiable.

#### **4.2.5. Disposiciones mínimas adicionales aplicables a la maquinaria herramienta.**

Las máquinas-herramienta estarán protegidas eléctricamente mediante doble aislamiento y sus motores eléctricos estarán protegidos por la carcasa.

Las que tengan capacidad de corte tendrán el disco protegido mediante una carcasa antiproyecciones.

Las que se utilicen en ambientes inflamables o explosivos estarán protegidas mediante carcasas antideflagrantes. Se prohíbe la utilización de máquinas accionadas mediante combustibles líquidos en lugares cerrados o de ventilación insuficiente.

Se prohíbe trabajar sobre lugares encharcados, para evitar los riesgos de caídas y los eléctricos.

Para todas las tareas se dispondrá una iluminación adecuada, en torno a 100 lux.

En prevención de los riesgos por inhalación de polvo, se utilizarán en vía húmeda las herramientas que lo produzcan.

Las mesas de sierra circular, cortadoras de material cerámico y sierras de disco manual no se ubicarán a distancias inferiores a tres metros del borde de los forjados, con la excepción de los que estén claramente protegidos (redes o barandillas, petos de remate, etc). Bajo ningún concepto se retirará la protección del disco de corte, utilizándose en todo momento gafas de seguridad antiproyección de partículas. Como normal general, se deberán extraer los clavos o partes metálicas hincadas en el elemento





a cortar.

Con las pistolas fija-clavos no se realizarán disparos inclinados, se deberá verificar que no hay nadie al otro lado del objeto sobre el que se dispara, se evitará clavar sobre fábricas de ladrillo hueco y se asegurará el equilibrio de la persona antes de efectuar el disparo.

Para la utilización de los taladros portátiles y rozadoras eléctricas se elegirán siempre las brocas y discos adecuados al material a taladrar, se evitará realizar taladros en una sola maniobra y taladros o rozaduras inclinadas a pulso y se tratará no recalentar las brocas y discos.

Las pulidoras y abrillantadoras de suelos, lijadoras de madera y alisadoras mecánicas tendrán el manillar de manejo y control revestido de material aislante y estarán dotadas de aro de protección antiatrapamientos o abrasiones.

En las tareas de soldadura por arco eléctrico se utilizará yelmo del soldar o pantalla de mano, no se mirará directamente al arco voltaico, no se tocarán las piezas recientemente soldadas, se soldará en un lugar ventilado, se verificará la inexistencia de personas en el entorno vertical de puesto de trabajo, no se dejará directamente la pinza en el suelo o sobre la perfilería, se escogerá el electrodo adecuada para el cordón a ejecutar y se suspenderán los trabajos de soldadura con vientos superiores a 60 km/h y a la intemperie con régimen de lluvias.

En la soldadura oxiacetilénica (oxicorte) no se mezclarán botellas de gases distintos, éstas se transportarán sobre bateas enjauladas en posición vertical y atadas, no se ubicarán al sol ni en posición inclinada y los mecheros estarán dotados de válvulas antirretroceso de la llama. Si se desprenden pinturas se trabajará con mascarilla protectora y se hará al aire libre o en un local ventilado.

## **5. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCION.**

### **5.1. INTRODUCCION.**

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los *riesgos derivados de las condiciones de trabajo*.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las **normas reglamentarias** las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran necesariamente las destinadas a *garantizar la seguridad y la salud en las obras de construcción*.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto **1627/1997** de 24 de Octubre de 1.997 establece las **disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción**,





entendiendo como tales cualquier obra, pública o privada, en la que se efectúen trabajos de construcción o ingeniería civil.

La obra en proyecto referente a la *Ejecución de una Edificación de uso Industrial o Comercial* se encuentra incluida en el **Anexo I** de dicha legislación, con la clasificación **a) Excavación, b) Movimiento de tierras, c) Construcción, d) Montaje y desmontaje de elementos prefabricados, e) Acondicionamiento o instalación, l) Trabajos de pintura y de limpieza y m) Saneamiento.**

Al tratarse de una obra con las siguientes condiciones:

- a) El presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto es inferior a 75 millones de pesetas.
- b) La duración estimada es inferior a 30 días laborables, no utilizándose en ningún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- c) El volumen de mano de obra estimada, entendiendo por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, es inferior a 500.

Por todo lo indicado, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un **estudio básico de seguridad y salud**. Caso de superarse alguna de las condiciones citadas anteriormente deberá realizarse un estudio completo de seguridad y salud.

## **5.2. ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD.**

### **5.2.1. Riesgos mas frecuentes en las obras de construcción.**

Los Oficios más comunes en las obras de construcción son los siguientes:

- Movimiento de tierras. Excavación de pozos y zanjas.
- Relleno de tierras.
- Encofrados.
- Trabajos con ferralla, manipulación y puesta en obra.
- Trabajos de manipulación del hormigón.
- Montaje de estructura metálica
- Montaje de prefabricados.
- Albañilería.
- Cubiertas.
- Alicatados.
- Enfoscados y enlucidos.
- Solados con mármoles, terrazos, plaquetas y asimilables.
- Carpintería de madera, metálica y cerrajería.
- Montaje de vidrio.
- Pintura y barnizados.
- Instalación eléctrica definitiva y provisional de obra.
- Instalación de fontanería, aparatos sanitarios, calefacción y aire acondicionado.



- Instalación de antenas y pararrayos.

Los riesgos más frecuentes durante estos oficios son los descritos a continuación:

- Deslizamientos, desprendimientos de tierras por diferentes motivos (no emplear el talud adecuado, por variación de la humedad del terreno, etc).
- Riesgos derivados del manejo de máquinas-herramienta y maquinaria pesada en general.
- Atropellos, colisiones, vuelcos y falsas maniobras de la maquinaria para movimiento de tierras.
- Caídas al mismo o distinto nivel de personas, materiales y útiles.
- Los derivados de los trabajos pulverulentos.
- Contactos con el hormigón (dermatitis por cementos, etc).
- Caída de los encofrados al vacío, caída de personal al caminar o trabajar sobre los fondillos de las vigas, pisadas sobre objetos punzantes, etc.
- Desprendimientos por mal apilado de la madera, planchas metálicas, etc.
- Cortes y heridas en manos y pies, aplastamientos, tropiezos y torceduras al caminar sobre las armaduras.
- Hundimientos, rotura o reventón de encofrados, fallos de entibaciones.
- Contactos con la energía eléctrica (directos e indirectos), electrocuciones, quemaduras, etc.
- Los derivados de la rotura fortuita de las planchas de vidrio.
- Cuerpos extraños en los ojos, etc.
- Agresión por ruido y vibraciones en todo el cuerpo.
- Microclima laboral (frío-calor), agresión por radiación ultravioleta, infrarroja.
- Agresión mecánica por proyección de partículas.
- Golpes.
- Cortes por objetos y/o herramientas.
- Incendio y explosiones.
- Riesgo por sobreesfuerzos musculares y malos gestos.
- Carga de trabajo física.
- Deficiente iluminación.
- Efecto psico-fisiológico de horarios y turno.

### **5.2.2. Medidas preventivas de carácter general.**

Se establecerán a lo largo de la obra letreros divulgativos y señalización de los riesgos (vuelo, atropello, colisión, caída en altura, corriente eléctrica, peligro de incendio, materiales inflamables, prohibido fumar, etc), así como las medidas preventivas previstas (uso obligatorio del casco, uso obligatorio de las botas de seguridad, uso obligatorio de guantes, uso obligatorio de cinturón de seguridad, etc).

Se habilitarán zonas o estancias para el acopio de material y útiles (ferralla, perfilera metálica, piezas prefabricadas, carpintería metálica y de madera, vidrio, pinturas, barnices y disolventes, material eléctrico, aparatos sanitarios, tuberías, aparatos de calefacción y climatización, etc).

Se procurará que los trabajos se realicen en superficies secas y limpias, utilizando



los elementos de protección personal, fundamentalmente calzado antideslizante reforzado para protección de golpes en los pies, casco de protección para la cabeza y cinturón de seguridad.

El transporte aéreo de materiales y útiles se hará suspendiéndolos desde dos puntos mediante eslingas, y se guiarán por tres operarios, dos de ellos guiarán la carga y el tercero ordenará las maniobras.

El transporte de elementos pesados (sacos de aglomerante, ladrillos, arenas, etc) se hará sobre carretilla de mano y así evitar sobreesfuerzos.

Los andamios sobre borriquetas, para trabajos en altura, tendrán siempre plataformas de trabajo de anchura no inferior a 60 cm (3 tablones trabados entre sí), prohibiéndose la formación de andamios mediante bidones, cajas de materiales, bañeras, etc.

Se tenderán cables de seguridad amarrados a elementos estructurales sólidos en los que enganchar el mosquetón del cinturón de seguridad de los operarios encargados de realizar trabajos en altura.

La distribución de máquinas, equipos y materiales en los locales de trabajo será la adecuada, delimitando las zonas de operación y paso, los espacios destinados a puestos de trabajo, las separaciones entre máquinas y equipos, etc.

El área de trabajo estará al alcance normal de la mano, sin necesidad de ejecutar movimientos forzados.

Se vigilarán los esfuerzos de torsión o de flexión del tronco, sobre todo si el cuerpo están en posición inestable.

Se evitarán las distancias demasiado grandes de elevación, descenso o transporte, así como un ritmo demasiado alto de trabajo.

Se tratará que la carga y su volumen permitan asirla con facilidad.

Se recomienda evitar los barrizales, en prevención de accidentes.

Se debe seleccionar la herramienta correcta para el trabajo a realizar, manteniéndola en buen estado y uso correcto de ésta. Después de realizar las tareas, se guardarán en lugar seguro.

La iluminación para desarrollar los oficios convenientemente oscilará en torno a los 100 lux.

Es conveniente que los vestidos estén configurados en varias capas al comprender entre ellas cantidades de aire que mejoran el aislamiento al frío. Empleo de guantes, botas y orejeras. Se resguardará al trabajador de vientos mediante apantallamientos y se evitará que la ropa de trabajo se empape de líquidos evaporables.

Si el trabajador sufriese estrés térmico se deben modificar las condiciones de trabajo,



con el fin de disminuir su esfuerzo físico, mejorar la circulación de aire, apantallar el calor por radiación, dotar al trabajador de vestimenta adecuada (sombrero, gafas de sol, cremas y lociones solares), vigilar que la ingesta de agua tenga cantidades moderadas de sal y establecer descansos de recuperación si las soluciones anteriores no son suficientes.

El aporte alimentario calórico debe ser suficiente para compensar el gasto derivado de la actividad y de las contracciones musculares.

Para evitar el contacto eléctrico directo se utilizará el sistema de separación por distancia o alejamiento de las partes activas hasta una zona no accesible por el trabajador, interposición de obstáculos y/o barreras (armarios para cuadros eléctricos, tapas para interruptores, etc.) y recubrimiento o aislamiento de las partes activas.

Para evitar el contacto eléctrico indirecto se utilizará el sistema de puesta a tierra de las masas (conductores de protección, líneas de enlace con tierra y electrodos artificiales) y dispositivos de corte por intensidad de defecto (interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada a las condiciones de humedad y resistencia de tierra de la instalación provisional).

Las vías y salidas de emergencia deberán permanecer expeditas y desembocar lo más directamente posible en una zona de seguridad.

El número, la distribución y las dimensiones de las vías y salidas de emergencia dependerán del uso, de los equipos y de las dimensiones de la obra y de los locales, así como el número máximo de personas que puedan estar presentes en ellos.

En caso de avería del sistema de alumbrado, las vías y salidas de emergencia que requieran iluminación deberán estar equipadas con iluminación de seguridad de suficiente intensidad.

Será responsabilidad del empresario garantizar que los primeros auxilios puedan prestarse en todo momento por personal con la suficiente formación para ello.

### **5.2.3. Medidas preventivas de carácter particular para cada oficio.**

Movimiento de tierras. Excavación de pozos y zanjas.

Antes del inicio de los trabajos, se inspeccionará el tajo con el fin de detectar posibles grietas o movimientos del terreno.

Se prohibirá el acopio de tierras o de materiales a menos de dos metros del borde de la excavación, para evitar sobrecargas y posibles vuelcos del terreno, señalizándose además mediante una línea esta distancia de seguridad.

Se eliminarán todos los bolos o viseras de los frentes de la excavación que por su situación ofrezcan el riesgo de desprendimiento.



La maquinaria estará dotada de peldaños y asidero para subir o bajar de la cabina de control. No se utilizará como apoyo para subir a la cabina las llantas, cubiertas, cadenas y guardabarros.

Los desplazamientos por el interior de la obra se realizarán por caminos señalizados.

Se utilizarán redes tensas o mallazo electrosoldado situadas sobre los taludes, con un solape mínimo de 2 m.

La circulación de los vehículos se realizará a un máximo de aproximación al borde de la excavación no superior a los 3 m. para vehículos ligeros y de 4 m para pesados.

Se conservarán los caminos de circulación interna cubriendo baches, eliminando blandones y compactando mediante zahorras.

El acceso y salida de los pozos y zanjas se efectuará mediante una escalera sólida, anclada en la parte superior del pozo, que estará provista de zapatas antideslizantes.

Cuando la profundidad del pozo sea igual o superior a 1,5 m., se entibará (o encamisará) el perímetro en prevención de derrumbamientos.

Se efectuará el achique inmediato de las aguas que afloran (o caen) en el interior de las zanjas, para evitar que se altere la estabilidad de los taludes.

En presencia de líneas eléctricas en servicio se tendrán en cuenta las siguientes condiciones:

Se procederá a solicitar de la compañía propietaria de la línea eléctrica el corte de fluido y puesta a tierra de los cables, antes de realizar los trabajos.

La línea eléctrica que afecta a la obra será desviada de su actual trazado al límite marcado en los planos.

La distancia de seguridad con respecto a las líneas eléctricas que cruzan la obra, queda fijada en 5 m., en zonas accesibles durante la construcción.

Se prohíbe la utilización de cualquier calzado que no sea aislante de la electricidad en proximidad con la línea eléctrica.

Relleno de tierras.

Se prohíbe el transporte de personal fuera de la cabina de conducción y/o en número superior a los asientos existentes en el interior.

Se regarán periódicamente los tajos, las cargas y cajas de camión, para evitar las polvaredas. Especialmente si se debe conducir por vías públicas, calles y carreteras.



Se instalará, en el borde de los terraplenes de vertido, sólidos topes de limitación de recorrido para el vertido en retroceso.

Se prohíbe la permanencia de personas en un radio no inferior a los 5 m. en torno a las compactadoras y apisonadoras en funcionamiento.

Los vehículos de compactación y apisonado, irán provistos de cabina de seguridad de protección en caso de vuelco.

Encofrados.

Se prohíbe la permanencia de operarios en las zonas de batido de cargas durante las operaciones de izado de tablonas, sopandas, puntales y ferralla; igualmente se procederá durante la elevación de viguetas, nervios, armaduras, pilares, bovedillas, etc.

El ascenso y descenso del personal a los encofrados, se efectuará a través de escaleras de mano reglamentarias.

Se instalarán barandillas reglamentarias en los frentes de losas horizontales, para impedir la caída al vacío de las personas.

Los clavos o puntas existentes en la madera usada, se extraerán o remacharán, según casos.

Queda prohibido encofrar sin antes haber cubierto el riesgo de caída desde altura mediante la ubicación de redes de protección.

Trabajos con ferralla, manipulación y puesta en obra.

Los paquetes de redondos se almacenarán en posición horizontal sobre durmientes de madera capa a capa, evitándose las alturas de las pilas superiores al 1'50 m.

Se efectuará un barrido diario de puntas, alambres y recortes de ferralla en torno al banco (o bancos, borriquetas, etc.) de trabajo.

Queda prohibido el transporte aéreo de armaduras de pilares en posición vertical.

Se prohíbe trepar por las armaduras en cualquier caso.

Se prohíbe el montaje de zunchos perimetrales, sin antes estar correctamente instaladas las redes de protección.

Se evitará, en lo posible, caminar por los fondillos de los encofrados de jácenas o vigas.

Trabajos de manipulación del hormigón.

Se instalarán fuertes topes final de recorrido de los camiones hormigonera, en evitación de vuelcos.



Se prohíbe acercar las ruedas de los camiones hormigoneras a menos de 2 m. del borde de la excavación.

Se prohíbe cargar el cubo por encima de la carga máxima admisible de la grúa que lo sustenta.

Se procurará no golpear con el cubo los encofrados, ni las entibaciones.

La tubería de la bomba de hormigonado, se apoyará sobre caballetes, arriostrándose las partes susceptibles de movimiento.

Para vibrar el hormigón desde posiciones sobre la cimentación que se hormigona, se establecerán plataformas de trabajo móviles formadas por un mínimo de tres tablones, que se dispondrán perpendicularmente al eje de la zanja o zapata.

El hormigonado y vibrado del hormigón de pilares, se realizará desde "castilletes de hormigonado"

En el momento en el que el forjado lo permita, se izará en torno a los huecos el peto definitivo de fábrica, en prevención de caídas al vacío.

Se prohíbe transitar pisando directamente sobre las bovedillas (cerámicas o de hormigón), en prevención de caídas a distinto nivel.

Montaje de estructura metálica.

Los perfiles se apilarán ordenadamente sobre durmientes de madera de soporte de cargas, estableciendo capas hasta una altura no superior al 1'50 m.

Una vez montada la "primera altura" de pilares, se tenderán bajo ésta redes horizontales de seguridad.

Se prohíbe elevar una nueva altura, sin que en la inmediata inferior se hayan concluido los cordones de soldadura.

Las operaciones de soldadura en altura, se realizarán desde el interior de una guindola de soldador, provista de una barandilla perimetral de 1 m. de altura formada por pasamanos, barra intermedia y rodapié. El soldador, además, amarrará el mosquetón del cinturón a un cable de seguridad, o a argollas soldadas a tal efecto en la perfilería.

Se prohíbe la permanencia de operarios dentro del radio de acción de cargas suspendidas.

Se prohíbe la permanencia de operarios directamente bajo tajos de soldadura.

Se prohíbe trepar directamente por la estructura y desplazarse sobre las alas de una viga sin atar el cinturón de seguridad.

El ascenso o descenso a/o de un nivel superior, se realizará mediante una escalera



de mano provista de zapatas antideslizantes y ganchos de cuelgue e inmovilidad dispuestos de tal forma que sobrepase la escalera 1 m. la altura de desembarco.

El riesgo de caída al vacío por fachadas se cubrirá mediante la utilización de redes de horca (o de bandeja).

Montaje de prefabricados.

El riesgo de caída desde altura, se evitará realizando los trabajos de recepción e instalación del prefabricado desde el interior de una plataforma de trabajo rodeada de barandillas de 90 cm., de altura, formadas por pasamanos, listón intermedio y rodapié de 15 cm., sobre andamios (metálicos, tubulares de borriquetas).

Se prohíbe trabajar o permanecer en lugares de tránsito de piezas suspendidas en prevención del riesgo de desplome.

Los prefabricados se acopiarán en posición horizontal sobre durmientes dispuestos por capas de tal forma que no dañen los elementos de enganche para su izado.

Se paralizará la labor de instalación de los prefabricados bajo régimen de vientos superiores a 60 Km/h.

Albañilería.

Los grandes huecos (patios) se cubrirán con una red horizontal instalada alternativamente cada dos plantas, para la prevención de caídas.

Se prohíbe concentrar las cargas de ladrillos sobre vanos. El acopio de palets, se realizará próximo a cada pilar, para evitar las sobrecargas de la estructura en los lugares de menor resistencia.

Los escombros y cascotes se evacuarán diariamente mediante trompas de vertido montadas al efecto, para evitar el riesgo de pisadas sobre materiales.

Las rampas de las escaleras estarán protegidas en su entorno por una barandilla sólida de 90 cm. de altura, formada por pasamanos, listón intermedio y rodapié de 15 cm.

Cubiertas.

El riesgo de caída al vacío, se controlará instalando redes de horca alrededor del edificio. No se permiten caídas sobre red superiores a los 6 m. de altura.

Se paralizarán los trabajos sobre las cubiertas bajo régimen de vientos superiores a 60 km/h., lluvia, helada y nieve.

Alicatados.

El corte de las plaquetas y demás piezas cerámicas, se ejecutará en vía húmeda, para evitar la formación de polvo ambiental durante el trabajo.





El corte de las plaquetas y demás piezas cerámicas se ejecutará en locales abiertos o a la intemperie, para evitar respirar aire con gran cantidad de polvo.

Enfoscados y enlucidos.

Las "miras", reglas, tablones, etc., se cargarán a hombro en su caso, de tal forma que al caminar, el extremo que va por delante, se encuentre por encima de la altura del casco de quién lo transporta, para evitar los golpes a otros operarios, los tropezones entre obstáculos, etc.

Se acordonará la zona en la que pueda caer piedra durante las operaciones de proyección de "garbancillo" sobre morteros, mediante cinta de banderolas y letreros de prohibido el paso.

Solados con mármoles, terrazos, plaquetas y asimilables.

El corte de piezas de pavimento se ejecutará en vía húmeda, en evitación de lesiones por trabajar en atmósferas pulverulentas.

Las piezas del pavimento se izarán a las plantas sobre plataformas emplintadas, correctamente apiladas dentro de las cajas de suministro, que no se romperán hasta la hora de utilizar su contenido.

Los lodos producto de los pulidos, serán orillados siempre hacia zonas no de paso y eliminados inmediatamente de la planta.

Carpintería de madera, metálica y cerrajería.

Los recortes de madera y metálicos, objetos punzantes, cascotes y serrín producidos durante los ajustes se recogerán y se eliminarán mediante las tolvas de vertido, o mediante bateas o plataformas emplintadas amarradas del gancho de la grúa.

Los cercos serán recibidos por un mínimo de una cuadrilla, en evitación de golpes, caídas y vuelcos.

Los listones horizontales inferiores contra deformaciones, se instalarán a una altura en torno a los 60 cm. Se ejecutarán en madera blanca, preferentemente, para hacerlos más visibles y evitar los accidentes por tropiezos.

El "cuelgue" de hojas de puertas o de ventanas, se efectuará por un mínimo de dos operarios, para evitar accidentes por desequilibrio, vuelco, golpes y caídas.

Montaje de vidrio.

Se prohíbe permanecer o trabajar en la vertical de un tajo de instalación de vidrio.

Los tajos se mantendrán libres de fragmentos de vidrio, para evitar el riesgo de cortes.



La manipulación de las planchas de vidrio, se ejecutará con la ayuda de ventosas de seguridad.

Los vidrios ya instalados, se pintarán de inmediato a base de pintura a la cal, para significar su existencia.

Pintura y barnizados.

Se prohíbe almacenar pinturas susceptibles de emanar vapores inflamables con los recipientes mal o incompletamente cerrados, para evitar accidentes por generación de atmósferas tóxicas o explosivas.

Se prohíbe realizar trabajos de soldadura y oxicorte en lugares próximos a los tajes en los que se empleen pinturas inflamables, para evitar el riesgo de explosión o de incendio.

Se tenderán redes horizontales sujetas a puntos firmes de la estructura, para evitar el riesgo de caída desde alturas.

Se prohíbe la conexión de aparatos de carga accionados eléctricamente (puentes grúa por ejemplo) durante las operaciones de pintura de carriles, soportes, topes, barandillas, etc., en prevención de atrapamientos o caídas desde altura.

Se prohíbe realizar "pruebas de funcionamiento" en las instalaciones, tuberías de presión, equipos motobombas, calderas, conductos, etc. durante los trabajos de pintura de señalización o de protección de conductos.

Instalación eléctrica provisional de obra.

El montaje de aparatos eléctricos será ejecutado por personal especialista, en prevención de los riesgos por montajes incorrectos.

El calibre o sección del cableado será siempre el adecuado para la carga eléctrica que ha de soportar.

Los hilos tendrán la funda protectora aislante sin defectos apreciables (rasgones, repelones y asimilables). No se admitirán tramos defectuosos.

La distribución general desde el cuadro general de obra a los cuadros secundarios o de planta, se efectuará mediante manguera eléctrica antihumedad.

El tendido de los cables y mangueras, se efectuará a una altura mínima de 2 m. en los lugares peatonales y de 5 m. en los de vehículos, medidos sobre el nivel del pavimento.

Los empalmes provisionales entre mangueras, se ejecutarán mediante conexiones normalizadas estancas antihumedad.

Las mangueras de "alargadera" por ser provisionales y de corta estancia pueden



llevarse tendidas por el suelo, pero arrimadas a los paramentos verticales.

Los interruptores se instalarán en el interior de cajas normalizadas, provistas de puerta de entrada con cerradura de seguridad.

Los cuadros eléctricos metálicos tendrán la carcasa conectada a tierra.

Los cuadros eléctricos se colgarán pendientes de tableros de madera recibidos a los paramentos verticales o bien a "pies derechos" firmes.

Las maniobras a ejecutar en el cuadro eléctrico general se efectuarán subido a una banqueta de maniobra o alfombrilla aislante.

Los cuadros eléctricos poseerán tomas de corriente para conexiones normalizadas blindadas para intemperie.

La tensión siempre estará en la clavija "hembra", nunca en la "macho", para evitar los contactos eléctricos directos.

Los interruptores diferenciales se instalarán de acuerdo con las siguientes sensibilidades:

- 300 mA. Alimentación a la maquinaria.
- 30 mA. Alimentación a la maquinaria como mejora del nivel de seguridad.
- 30 mA. Para las instalaciones eléctricas de alumbrado.

Las partes metálicas de todo equipo eléctrico dispondrán de toma de tierra.

El neutro de la instalación estará puesto a tierra.

La toma de tierra se efectuará a través de la pica o placa de cada cuadro general.

El hilo de toma de tierra, siempre estará protegido con macarrón en colores amarillo y verde. Se prohíbe expresamente utilizarlo para otros usos.

La iluminación mediante portátiles cumplirá la siguiente norma:

- Portalámparas estanco de seguridad con mango aislante, rejilla protectora de la bombilla dotada de gancho de cuelgue a la pared, manguera antihumedad, clavija de conexión normalizada estanca de seguridad, alimentados a 24 V.
- La iluminación de los tajos se situará a una altura en torno a los 2 m., medidos desde la superficie de apoyo de los operarios en el puesto de trabajo.
- La iluminación de los tajos, siempre que sea posible, se efectuará cruzada con el fin de disminuir sombras.
- Las zonas de paso de la obra, estarán permanentemente iluminadas evitando rincones oscuros.

No se permitirá las conexiones a tierra a través de conducciones de agua.

No se permitirá el tránsito de carretillas y personas sobre mangueras eléctricas,



pueden pelarse y producir accidentes.

No se permitirá el tránsito bajo líneas eléctricas de las compañías con elementos longitudinales transportados a hombro (pértigas, reglas, escaleras de mano y asimilables). La inclinación de la pieza puede llegar a producir el contacto eléctrico.

Instalación de fontanería, aparatos sanitarios, calefacción y aire acondicionado.

El transporte de tramos de tubería a hombro por un solo hombre, se realizará inclinando la carga hacia atrás, de tal forma que el extremo que va por delante supere la altura de un hombre, en evitación de golpes y tropiezos con otros operarios en lugares poco iluminados o iluminados a contra luz.

Se prohíbe el uso de mecheros y sopletes junto a materiales inflamables.

Se prohíbe soldar con plomo, en lugares cerrados, para evitar trabajos en atmósferas tóxicas.

Instalación de antenas y pararrayos.

Bajo condiciones meteorológicas extremas, lluvia, nieve, hielo o fuerte viento, se suspenderán los trabajos.

Se prohíbe expresamente instalar pararrayos y antenas a la vista de nubes de tormenta próximas.

Las antenas y pararrayos se instalarán con ayuda de la plataforma horizontal, apoyada sobre las cuñas en pendiente de encaje en la cubierta, rodeada de barandilla sólida de 90 cm. de altura, formada por pasamanos, barra intermedia y rodapié, dispuesta según detalle de planos.

Las escaleras de mano, pese a que se utilicen de forma "momentánea", se anclarán firmemente al apoyo superior, y estarán dotados de zapatas antideslizantes, y sobrepasarán en 1 m. la altura a salvar.

Las líneas eléctricas próximas al tajo, se dejarán sin servicio durante la duración de los trabajos.

### **5.3. DISPOSICIONES ESPECIFICAS DE SEGURIDAD Y SALUD DURANTE LA EJECUCION DE LAS OBRAS.**

Cuando en la ejecución de la obra intervenga más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos o diversos trabajadores autónomos, el promotor designará un coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, que será un técnico competente integrado en la dirección facultativa.

Cuando no sea necesaria la designación de coordinador, las funciones de éste serán asumidas por la dirección facultativa.



En aplicación del estudio básico de seguridad y salud, cada contratista elaborará un plan de seguridad y salud en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el estudio desarrollado en el proyecto, en función de su propio sistema de ejecución de la obra.

Antes del comienzo de los trabajos, el promotor deberá efectuar un aviso a la autoridad laboral competente.

## **6. DISPOSICIONES MINIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD RELATIVAS A LA UTILIZACION POR LOS TRABAJADORES DE EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL.**

### **6.1. INTRODUCCION.**

La ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

Así son las normas de desarrollo reglamentario las que deben fijar las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre ellas se encuentran las destinadas a garantizar la utilización por los trabajadores en el trabajo de equipos de protección individual que los protejan adecuadamente de aquellos riesgos para su salud o su seguridad que no puedan evitarse o limitarse suficientemente mediante la utilización de medios de protección colectiva o la adopción de medidas de organización en el trabajo.

### **6.2. OBLIGACIONES GENERALES DEL EMPRESARIO.**

Hará obligatorio el uso de los equipos de protección individual que a continuación se desarrollan.

#### **6.2.1. Protectores de la cabeza.**

- Cascos de seguridad, no metálicos, clase N, aislados para baja tensión, con el fin de proteger a los trabajadores de los posibles choques, impactos y contactos eléctricos.
- Protectores auditivos acoplables a los cascos de protección.
- Gafas de montura universal contra impactos y antipolvo.
- Mascarilla antipolvo con filtros protectores.
- Pantalla de protección para soldadura autógena y eléctrica.



### **6.2.2. Protectores de las manos y brazos.**

- Guantes contra las agresiones mecánicas (perforaciones, cortes, vibraciones).
- Guantes de goma finos, para operarios que trabajen con hormigón.
- Guantes dieléctricos para B.T.
- Guantes de soldador.
- Muñequeras.
- Mango aislante de protección en las herramientas.

### **6.2.3. Protectores de pies y piernas.**

- Calzado provisto de suela y puntera de seguridad contra las agresiones mecánicas.
- Botas dieléctricas para B.T.
- Botas de protección impermeables.
- Polainas de soldador.
- Rodilleras.

### **6.2.4. Protectores del cuerpo.**

- Crema de protección y pomadas.
- Chalecos, chaquetas y mandiles de cuero para protección de las agresiones mecánicas.
- Traje impermeable de trabajo.
- Cinturón de seguridad, de sujeción y caída, clase A.
- Fajas y cinturones antivibraciones.
- Pértiga de B.T.
- Banqueta aislante clase I para maniobra de B.T.
- Linterna individual de situación.
- Comprobador de tensión.